

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

Autores:

Bach. Rughieri Eleazar Emanuel SARMIENTO RODRÍGUEZ

Bach. Shirley Thalia TORRES TARMA

Asesor:

Dr. Carlos Adolfo DE LA CRUZ MERA

La Merced - Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR
PRESIDENTE

Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA
MIEMBRO

Mg. Julio IBAÑEZ OJEDA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 0132-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
Sarmiento Rodríguez, Rughieri Eleazar Emanuel
Torres Tarma, Shirley Thalia

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – La Merced

Tipo de trabajo
Tesis

Evaluación de Relaves Mineros como Mejorador de Suelos para el Cultivo de Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en el distrito de Chanchamayo – Junín

Asesor
Dr. DE LA CRUZ MERA, Carlos Adolfo

Índice de similitud
11 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 17 de diciembre de 2024



Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro inspirador y darnos fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de nuestros anhelos más deseados.

A nuestros familiares y amigos, por su apoyo y palabras de aliento en el transcurso de nuestros estudios universitarios.

A nuestros padres, quienes con su apoyo y paciencia nos formaron para ser profesionales de éxito.

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido en la realización del presente trabajo de investigación:

1. A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía - Filial La Merced; por habernos albergado y haber hecho posible nuestra formación académica a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.
2. A todas las personas quienes hicieron posible la realización de este proyecto.

RESUMEN

Se realizó el estudio de aplicación de relave minero en diferentes concentraciones, como mejorador de suelo para el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín. Las formulaciones para aplicar al suelo fueron de 5 gr, 10 gr, 15 gr y 20 gr de relave minero y un control que sería el T1. Para el desarrollo de esta investigación se realizó análisis de suelo del testigo (T1), del suelo con relave minero aplicado y el análisis químico del relave minero. Se analizaron los datos mediante un ANOVA y la comparación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). El diseño que se utilizó fue Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos y cuatro. Se evaluaron estadísticamente los parámetros altura de planta, longitud de raíz, tamaño de hoja trifoliar, cantidad de vaina/planta, , número de granos/planta y peso seco de grano/planta, que no mostraron significación estadística tanto en tratamientos como en bloques; así mismo para diámetro de tallo mostro alta significación estadística en tratamiento y diferencia estadística para bloques, por otra parte el peso de materia seca mostro alta diferencia estadística significativa en tratamientos mas no para bloques. Mediante los análisis realizados en el análisis de varianza, se determinó que las diferentes dosis de aplicación de relave minero influyeron positivamente en el diámetro de tallo de frijol canario, donde se obtuvo 9.78 mm para el tratamiento T4 (15 gr de relave minero) y para el peso de materia seca, se obtuvo 204 gr para el T4 seguido del T2 con 128.25 gr. Así mismo los resultados de análisis de suelos mostraron que a mayor relave minero ira mejoran el pH del suelo, como se muestra en el T5 (20 gr de relave) tiene un pH de 7.39 a diferencia del T1 (testigo) con un pH de 6.64. también el análisis químico del relave minero muestra que contiene pequeñas cantidades de micronutrientes como el Ca % (> 15.00), Cu 11.4 ppm, Mn 1395 ppm, Zn 3959 ppm, que ayudaran al desarrollo del cultivo.

Palabras claves: Relave minero, pH, parámetros agronómicos.

ABSTRACT

A study was carried out on the application of mining tailings in different concentrations as a soil improver for the cultivation of Canary beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the district of Chanchamayo - Junín. The formulations to apply to the soil were 5 gr, 10 gr, 15 gr and 20 gr of mining tailings and a control that would be T1. For the development of this research, analysis of the soil of the core (T1), the soil with applied mining tailings and the chemical analysis of the mining tailings were carried out. The data were analyzed using ANOVA and the comparison of means using the Tukey Test ($p < 0.05$). The design used was Completely Randomized Blocks with five and four treatments. The parameters plant height, root length, trifoliate leaf size, number of pod/plant, number of grains/plant and dry weight of grain/plant were statistically evaluated, which did not show statistical significance in both treatments and blocks. ; Likewise, stem diameter showed high statistical significance in treatment and statistical difference for blocks, on the other hand, dry matter weight showed high statistical significance in treatments but not for blocks. Through the analyzes carried out in the analysis of variance, it was determined that the different application doses of mining tailings had a positive influence on the diameter of the canary bean stem, where 9.78 mm was obtained for treatment T4 (15 g of mining tailings) and for The dry matter weight, 204 gr was obtained for T4 followed by T2 with 128.25 gr. Likewise, the results of soil analysis showed that the higher the mining tailings, the better the pH of the soil, as shown in T5 (20 g of tailings) has a pH of 7.39, unlike T1 (control) with a pH of 6.64. . Also the chemical analysis of the mining tailings shows that it contains small amounts of micronutrients such as Ca% (> 15.00), Cu 11.4 ppm, Mn 1395 ppm, Zn 3959 ppm, which will help the development of the crop.

Keywords: Mining tailings, pH, agronomic parameters.

INTRODUCCIÓN

Carhuamaca, (2018), menciona que los relaves son subproductos tóxicos de los procesos mineros y concentraciones de minerales, generalmente una mezcla de suelo, minerales de agua y rocas; el relave contiene altas concentraciones de químicos y elementos que afectan al medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en relaveras para su posterior procesamiento y reutilización. Los relaves son capas delgadas que se dejan secar bajo climas cálidos y secos, lo que da como resultado una sobreconsolidación y/o una presión de poros negativa (succión capilar). Así, se mejoran las propiedades físicas en comparación con los lodos depositados convencionalmente. (p. 13)

Romero & Flores, (2010), muestran que los relaves son de naturaleza polimetálica y contienen altas cantidades de metales pesados como cobre, plomo, zinc, hierro, cadmio, arsénico. Esta naturaleza hace que los relaves sean una fuente potencial de agua ácida. El residuo sólido de las plantas de flotación de minerales sulfurosos, no contienen altas concentraciones de metales pesados concentrados de cobre, plomo, zinc, o carbonatos (p. 3).

En la provincia de Chanchamayo, distrito de Vitoc, existen terrenos con relaves mineros provenientes de la mina San Vicente, pobladores aledaños no hacen uso de sus terrenos agrícolas por la contaminación de ellos relaves mineros. Debido al concepto que los relaves son contaminantes, y que no pueden ser utilizados para la agricultura, es necesario presentar esta investigación que está orientada a utilizar el relave minero como mejorador de suelo para la agricultura.

Motivo el cual nos conlleva a realizar el proyecto de investigación, para evaluar si el relave minero actúa como mejorador de suelo en el cultivo de frijol canario. Con la finalidad de evaluar cada una de las características agronómicas del cultivo. A la actualidad no se encuentran trabajos del relave minero aplicado a la agricultura por el cual se toma la decisión de empezar con este proyecto de investigación que se desarrolló en el C.C.PP. La alianza Anexo Río Colorado, con el fin de brindar alternativas

para utilizar el relave minero y así reducir la alteración del medio ambiente, degradación de suelos, aguas superficiales, subterráneas y aire. Por tanto, el objetivo general del estudio fue: Determinar el efecto del relave minero como mejorador de suelo para el cultivo de frejol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín.

Los objetivos específicos fueron:

- Evaluar el efecto del relave minero como mejorador de suelo sobre parámetros agronómicos del Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*).
- Evaluar las propiedades del suelo antes de aplicar el relave minero como mejorador de suelo.
- Analizar en qué medida mejora los suelos el relave minero.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación temporal	2
1.2.3. Delimitación temática.....	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4. Formulación de Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
2.2. Bases teóricas – científicas.....	7
2.2.1. Relaves mineros.....	7
2.2.2. Origen del relave	8

2.2.3.	Residuos generados por la actividad minera	8
2.2.4.	Composición química del Relave minero	8
2.2.5.	Características del relave minero.....	8
2.2.6.	Metales pesados.....	9
2.2.7.	Movilización de los contaminantes en el suelo.....	10
2.2.8.	Cultivo de frijo canario	10
2.3.	Definición de términos básicos	18
2.3.1.	Relave minero	18
2.3.2.	Crecimiento vegetal	18
2.3.3.	Vaina	18
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	19
2.4.1.	Hipótesis general.....	19
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	19
2.5.	Identificación de Variables	19
2.5.1.	Variable independiente	19
2.5.2.	Variable dependiente.....	19
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.....	20

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de Investigación	21
3.2.	Nivel de investigación	21
3.3.	Métodos de investigación	21
3.4.	Diseño de investigación	21
3.3.1.	Modelo aditivo lineal	21
3.3.2.	Análisis de variancia de plantas de frijol canario en campo definitivo....	22
3.3.3.	Características del diseño de la investigación.....	22
3.5.	Población y muestra	23
3.6.	Técnicas e instrumento recolección de datos.....	24

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	25
3.8. Tratamiento Estadístico	25
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	25

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	26
4.1.1. Ubicación y descripción del área experimental.	26
4.1.2. Material experimental.....	27
4.1.3. Materiales y equipos.....	27
4.1.4. Dosis de Fertilización con relave minero en frijol canario.....	28
4.1.5. Ejecución del experimento.....	28
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	30
4.2.1. Altura de planta (cm) a los 75 días.....	30
4.2.2. Grosor de tallo (cm) 90 días.....	32
4.2.3. Longitud de raíz (cm) 95 días	33
4.2.4. Tamaño de hoja trifilar (cm) 80 días.....	35
4.2.5. Cantidad de vainas/planta (uni.)	36
4.2.6. Peso de materia seca (gr).....	38
4.2.7. Grano/Vaina (uni.)	39
4.2.8. Peso de grano seco (gr)/planta.....	41
4.2.9. Análisis de suelo.....	42
4.3. Prueba de Hipótesis.....	43
4.4. Discusión de resultados.....	44

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variable	20
Tabla 2: Descripción de tratamientos.	28
Tabla 3: Análisis de varianza de altura de planta (cm) a los 75 días.....	30
Tabla 4: Prueba de significación de Tukey para altura de planta (cm) a los 75 días, en los diferentes tratamientos.	31
Tabla 5: Análisis de varianza del grosor del tallo (cm) a los 90 días.	32
Tabla 6: Prueba de significación de Tukey para grosor de tallo (mm) a los 90 días, en los diferentes tratamientos.	32
Tabla 7: Análisis de varianza longitud de raíz (cm) a los 95 días.....	33
Tabla 8: Prueba de significación de Tukey para longitud de raíz (cm) a 95 días	34
Tabla 9: Análisis de varianza de tamaño de hoja trifoliar a los 80 días	35
Tabla 10: Prueba de significación de Tukey para tamaño de hoja trifoliar (cm) a 80 días.	35
Tabla 11: Análisis de varianza de número de vainas/planta a los 95 días.	36
Tabla 12: Prueba de significación de Tukey para número de vainas/planta a 95 días.	37
Tabla 13: Análisis de varianza de materia seca a los 98 días.....	38
Tabla 14: Prueba de significación de Tukey para materia seca a los 98 días.	38
Tabla 15: Análisis de varianza de grano/vaina a los 98 días.....	39
Tabla 16: Prueba de significación de Tukey de grano/vaina a los 98 días.....	40
Tabla 17: Análisis de varianza de peso grano seco a los 100 días.....	41
Tabla 18: Prueba de significación de Tukey de peso de grano seco a los 100 días. .	41
Tabla 19: Resultado de análisis de suelo para la instalación de frijol canario.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de desarrollo de una planta de frijol (variedad Canario)	14
Figura 2: Días después de la siembra para las etapas de desarrollo de frijol canario	14
Figura 3: Croquis del experimento	23
Figura 4: Altura de planta a los 75 días, en los diferentes tratamientos.....	31
Figura 5: Diámetro de tallo de frijol canario a los 90 días, en los diferentes tratamientos.	33
Figura 6: Longitud de raíz de frijol canario a los 90 días, en los diferentes tratamientos.	34
Figura 7: Tamaño de hoja trifoliar (cm) a los 80 días, en los diferentes tratamientos.	36
Figura 8: Número de vainas /planta (uni.) a los 95 días, en los diferentes tratamientos.	37
Figura 9: Materia seca a los 95 días, en los diferentes tratamientos.	39
Figura 10: Grano/vaina 98 días, en los diferentes tratamientos.....	40
Figura 11: Peso de grano a los 100 días, en los diferentes tratamientos.	42
Figura 12: pH de los tratamientos en estudio con aplicación de relave minero.	43

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En el Perú la minería es uno de los sectores económicos más importantes. En la Región central actualmente los relaves mineros y el impacto medioambiental es inevitable, sobre todo en la degradación de los suelos, aguas superficiales, subterráneas y aire. Esta contaminación provoca la presencia de elementos, minerales y metaloides, originando perturbaciones en los modos de vida de las poblaciones humanas, también tienen consecuencias negativas en las actividades económicas y productivas en los productos de consumo humano, agrícolas, ocasionando enfermedades en los humanos.

En el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo existen terrenos con relaves mineros que no son utilizados. Debido al concepto de que los relaves son contaminantes, y que no pueden ser utilizados para la agricultura, es necesario presentar esta investigación que está orientada a utilizar el relave minero como mejorador de suelo para la agricultura.

Motivo el cual nos conlleva a realizar el proyecto de investigación, para evaluar si el relave minero actúa como mejorador de suelo. Con la finalidad de obtener buenos resultados en cada una de las características agronómicas.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Esta investigación está comprendida dentro de la Región Junín, Provincia de Chanchamayo y Distrito de Chanchamayo, dentro las parcelas demostrativas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

1.2.2. Delimitación temporal

El periodo que comprende la investigación es de 12 meses, correspondiente del 2018 del 2019.

1.2.3. Delimitación temática

El trabajo de investigación radica en evaluar el relave minero como mejorador de suelos para el cultivo de Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál será el efecto del relave minero como mejorador de suelo para el cultivo de frejol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál será el efecto del relave minero como mejorador de suelo sobre parámetros agronómicos del Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*)?
- b. ¿Cuáles son las propiedades del suelo antes de aplicar el relave minero como mejorador de suelo?
- c. ¿En qué medida mejora los suelos el relave minero?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del relave minero como mejorador de suelo para el cultivo de frejol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar el efecto del relave minero como mejorador de suelo sobre parámetros agronómicos del Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*).
- b. Evaluar las propiedades del suelo antes de aplicar el relave minero como mejorador de suelo.
- c. Analizar en qué medida mejora los suelos el relave minero.

1.5. Justificación de la investigación

Se sabe que el relave minero es un contaminante para el medio ambiente el cual afecta a la sociedad, es motivo el cual se busca con esta investigación poder utilizar este metal pesado en la agricultura y así reducir los contaminantes. De esta manera conservar el medio ambiente libre de contaminantes y preservar la diversidad de especies que sufren los impactos negativos.

Para esta investigación se estudiará el relave minero como mejorador de suelo en la zona aplicando en pequeñas dosis en el cultivo de frijol canario. Así mismo si utilizamos este relave minero como mejorador de suelo podríamos reducir la contaminación del suelo ya que esto podría utilizarse para sembrar vegetales. De esta manera beneficiara a los productores en las zonas donde encuentren este metal pesado dentro de selva central.

1.6. Limitaciones de la investigación

Esta investigación de utilizar el relave minero como mejorador de suelo en el cultivo de frijol canario, para reducir los contaminantes de los metales

pesados al medio ambiente, para ello se debe realizar el análisis químico del relave minero. Para ver las reacciones que tendría el cultivo del frijol durante la etapa fenológica.

Los antecedentes que se tiene con respecto a investigación de relaves en pasta en el Perú.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Romero (2015), investigo “Tratamiento de Relaves Mineros Contaminados con Plantación de Gramíneas Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para convertirlos en Áreas Verdes en las Minas de la Región Central del Perú”, considerando como objetivo del estudio fue determinar cómo el tratamiento de relaves mineros es viable con plantación de Kikuyo en las minas de la Región Central del Perú. Donde utilizó la metodología cualitativa. Donde utilizo las técnicas de observación estructurada, entrevista formal y encuesta, con sus correspondientes instrumentos cuestionarios y fichas aplicados a trabajadores seleccionados en visitas personales de estudio a las minas seleccionadas previa y aleatoriamente.

Ynfa (2017), realizó un estudio sobre el Efecto del relave minero en la respiración potencial y la actividad enzimática del suelo y su relación con la germinación de semillas, crecimiento de plántulas de *Zea mays L.* y bioacumulación de metales pesados; esta investigación fue realizada en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Los datos obtenidos analizaron mediante el ANOVA y la comparación de medias mediante el Test de Tukey ($p < 0,05$). Utilizaron concentraciones de relave minero con tierra (2%, 4%,

8%, 16%, 32% y 100% de relave y un control solo con tierra de cultivo). Obtuvieron como resultado que la respiración potencial disminuye a mayores proporciones de relave. Respecto al crecimiento, los tratamientos con 2%, 4%, 8%, 16% y 32% de relave minero, presentaron mejor respuesta de peso foliar, a diferencia del tratamiento solo con relave minero (100%), el peso foliar se redijo a un valor inferior a todos los tratamientos. La bioacumulación de metales pesados como: Fe, Pb, Zn, Mn; en las plántulas de *Zea mays L.* se evaluaron en tallos donde mostraron que la acumulación de metales pesados, se evidencia la toxicidad en plántulas por la reducción de absorción del Boro el cual ha ido decayendo a medida que la cantidad de relave aumente en el sustrato. Concluyo que existe una tolerancia de 32% de la cantidad de relave en el sustrato con suelo de cultivo, manifestando bioacumulación de metales pesados en las plántulas de maíz, así mismo la influencia negativa sobre la respiración potencial del suelo, la actividad enzimática del suelo y en la germinación de semillas de maíz.

Huaranga, et al. (2021), menciona que:

Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samne, La Libertad-Perú, tiene como propósito identificar especies de plantas vasculares indicadoras de contaminación y con capacidad fitorremediadora. En su investigación realizó la prospección de la flora, durante floración y fructificación en dos áreas de depósito de relaves mineros. El muestreo que efectuaron de cada taxón vegetal fue de forma no probabilística en cada depósito de relaves. Los resultados obtenidos les permitieron identificar a 52 especies de plantas, se destaca la Clase Equisetopsida con 9 Órdenes y una mayor representación del orden Poales y Caryophyllales; así como de 11 Familias de las cuales la que más sobresale es la familia Poaceae.

En el segundo ambiente, inventario una sola Clase (Equisetopsida), 11 Órdenes el cual con más representación la orden Solanales; también menciona

que de 13 Familias las que más sobresalen es Asteraceae y Solanaceae. Entonces terminan concluyendo que la vegetación natural con fines de fitorremediación es altamente promisorio para nuestro país.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Relaves mineros

MINEM, 2005 (Como se citó en Astuyauri & Pulcha, 2020) menciona que los relaves como desecho mineral (de características sólidas) que cuenta con tamaño en un rango entre arena y limo, que son obtenidos de los procesos de concentración de minerales y que son producidos, transportados o depositados en forma de lodos. (p. 15)

Carhuamaca, (2018), menciona que los relaves son desechos tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales de agua y rocas; el relave contiene altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en relaveras para posteriormente tratarlo y reutilizarlo. Los relaves son descargas en capas delgadas que se dejan secar bajo el calor de los climas calientes y secos, resultan con un alto de sobre consolidación y/o presión de poros negativa (succión capilar). Mejorando por lo tanto las características físicas en comparación con los lodos depositados convencionalmente. (p. 13)

Romero & Flores, (2010), indica que el relave es de naturaleza polimetálica sulfurado, con alto contenido de metales pesados de cobre, plomo, zinc, hierro, cadmio, arsénico. Esta naturaleza hace que el relave sea un potencial generador de aguas ácidas. El residuo sólido de las Plantas Concentradoras de Flotación de Minerales sulfurosos, puesto que no tiene altas concentraciones de los metales pesados concentrados de cobre, plomo, zinc, así como la presencia de carbonatos (p. 3).

2.2.2. Origen del relave

Según la Gestión de Residuos Industriales Sólidos Mineros y Buenas Prácticas de Chile, (2002) “Los relaves mineros son residuos provenientes de la actividad minera” (como se citó en Robles, 2020, p.44).

2.2.3. Residuos generados por la actividad minera

2.2.3.1. Residuos de flotación

“En el proceso de flotación, concentración de los minerales de cobre y oro, se producen residuos llamados relaves” (Robles, 2020, p. 47).

a) Relave

Según menciona la Gestión de Residuos Industriales Sólidos Mineros y Buenas Prácticas de Chile, 2002, (Como se citó en Robles, 2020) Los residuos compuestos por una suspensión fina de sólidos (mezcla de 50% sólido y 50% agua). Constituido fundamentalmente por el mismo material presente en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso. Los relaves son conducidos en forma de pulpa hacia los depósitos llamados tranques de relaves los que están diseñados para permitir la decantación de los sólidos en suspensión y dependiendo de la faena, se puede recircular la fase líquida (aguas sobre nadantes) al proceso o descartarla, ya sea a través de evaporación, evapotranspiración (p.47)

2.2.4. Composición química del Relave minero

Tiene altas concentraciones químicas de As, Cd, Cu, Hg, Se.

2.2.5. Características del relave minero

- Origen y producción de relaves de concentradoras
- Propiedades físicas y estructurales.
- Características de la deposición

- Características químicas
- Características fisiográficas

2.2.6. Metales pesados

“Refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas” IDEAM, 2017(Como se citó en Astuyauri & Pulcha, 2020, p.17)

Herrera, 2019 (Como citó Astuyauri & Pulcha, 2020), menciona que:

Dentro de los metales pesados hay dos grupos: los micronutrientes que son necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero tóxicos una vez pasado cierto umbral, incluyen: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn; y los metales pesados sin función biológica conocida que son altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos: son principalmente Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb y Bi (p.17).

a) Plomo

“Es un metal pesado, blando, resistente a la corrosión, de color gris azulado, que se oscurece rápidamente con el aire, teniendo como punto de ebullición los 1740°C, emitiendo vapores a partir de los 550°C. No es un metal biodegradable” Burgel & Pose Román 2010, (Como se citó en Astuyauri & Pulcha, 2020).

b) Cadmio

Health Canada, 2008, (Como se citó en Astuyauri & Pulcha, 2020) menciona que:

Es considerado como un metal pesado, por lo cual, al igual que otros no se degrada en el ambiente, tiende a bioacumularse; por otro lado, el cadmio a través de aire puede desplazarse grandes distancias antes de depositarse ya sea en el agua o en el suelo. Sin embargo, no se debe dejar del lado que el cadmio tiene una alta capacidad de adherirse fuertemente al suelo, así como de ingresar al cuerpo humano, animales, plantas (p.20)

2.2.7. Movilización de los contaminantes en el suelo

“La movilización de los contaminantes en el suelo se puede dar de muchas maneras, pero siempre a partir de una actividad conjunta del suelo, aire o agua (Astuyauri & Pulcha, 2020). Menciona los siguientes tipos de movilización:

- “Las emisiones de materiales particulados, o contaminantes a la atmosfera, por corrientes de aire pueden ser movilizados o transportados rangos entre pequeñas a grandes distancias, lo cuales posteriormente terminan depositándose en los suelos” (Astuyauri & Pulcha, 2020, p. 25).
- Astuyauri & Pulcha, (2020), refiere que Aguas subterráneas que pueden traer consigo contenido de metales pesados, los cuales posteriormente pueden ser depositados en otras áreas, o también pueden seguir con el cauce de agua y terminar en aguas superficiales las cuales pueden ser utilizadas tanto para consumo humano, animal, o para el cultivo de plantas (p. 25)
- “Procesos en los cuales algunos químicos se pueden disolver mediante el agua y por este mismo medio ser transportados a los suelos aledaños, generando la contaminación de los mismos” (Astuyauri & Pulcha, 2020, p. 25).
- “Por procesos de escorrentía se pueden llevar contaminantes de un punto a otro en el mismo medio suelo” (Astuyauri & Pulcha, 2020, p. 25).

2.2.8. Cultivo de frijo canario

2.2.8.1. Origen del frijol

“El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tiene como centro de origen y domesticación a América, y se encuentra distribuido desde México hasta la Argentina” (Hernández et al., 2013 citado por Ortiz, 2022, p. 5).

2.2.8.2. Taxonomía

Espinoza, 2009 (Como se citó en Ortiz, 2022, p. 5) indica la siguiente taxonomía de frijol canario:

Reino : Vegetal
División : Phanerogamas
Subdivisión : Angyospermas
Clase : Dicotyledoneas
Orden : Rosales
Familia : Leguminosae
Sub-familia : Papilionada
Género : Phaseolus
Especie : vulgaris L.

2.2.8.3. Morfología de frijol

La raíz

“El frijol alberga bacterias simbióticas que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico en el terreno de cultivado” (Ortiz, 2022, p. 6).

La inflorescencia

“La posición de la inflorescencia en racimo puede ser axial o terminal, este último se da en los frijoles con habito de crecimiento Tipo I” (Ortiz, 2022, p. 6-7)

La flor

Ortiz, (2022), menciona que los órganos masculinos y femeninos están en la misma flor, es completa dado que posee corola y cáliz, flor hermafrodita. El cáliz consta de 5 pétalos libres, el más grande se denomina “estandarte”, dos medianos se denominan “alas y dos más pequeños se unen y forman la “quilla” (p. 7).

Fruto o Vaina

Ortiz, (2022), indica que la vaina está formada con dos valvas por lo que se le considera como una legumbre de tamaño variable, pudiendo medir de 6 a 12 cm de largo, conteniendo de 3 a 5 semillas, dependiendo de la variedad y la forma alargada u ovalada (p. 7).

Semillas

“Se originan del óvulo fecundado con diferentes formas, como cilíndricas, esféricas y de brillos, además presentan colores variados como blanco, negro, crema a negro, dependiendo de la variedad. Esta semilla presenta una cubierta (testa), el hilium y el micrófilo” (Ortiz, 2022, p. 7)

2.2.8.4. Etapas del desarrollo del frijol

Fernández et al., 1985 (citado por Caldas, 2021) menciona que en el desarrollo de la planta de frijol se observan dos fases sucesivas que son: la fase vegetativa, que se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando se inicia la formación de los primeros botones florales. Aquí es donde se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción. La fase reproductiva termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha (p. 6-7)

Se detalla las fases vegetativas según Fernández et al., 1985 (citado por Caldas, 2021):

A) Fase vegetativa

Etapa V0 (Germinación): “La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación” (p. 7)

Etapa V1 (Emergencia): “Esta etapa se inicia a los 5 a 7 días cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo, y se

considera cuando el 50% de la población, presenta los cotiledones al nivel del suelo” (p. 7)

Etapa V2 (Hojas primarias): “Se inicia de los 8 a 11 días, cuando las hojas primarias están desplegadas. Empiezan un desarrollo rápido formándose tallo, ramas y hojas trifoliadas. Los cotiledones pierden su forma, se arquean y arrugan” (p. 7)

Etapa V3 (Primera hoja trifoliada): “Se inicia de los 12 a 20 días, cuando la primera hoja trifoliada se presenta completamente abierta y plana. Los cotiledones caen” (p. 7)

Etapa V4 (Tercera hoja trifoliada): “Se inicia de los 21 a 35 días, cuando la tercera hoja trifoliada se despliega. Se diferencian tallos, ramas y hojas trifoliadas. Las yemas de los nudos inferiores generalmente se desarrollan produciendo ramas” (p. 7)

B) Fase reproductiva

Etapa R5 (Prefloración): “La etapa R5 se inicia de los 36 a 45 días, cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos según sea el hábito de crecimiento” (p. 7)

Etapa R6 (Floración): “Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6 de los 46 a 51 días” (p. 7)

Etapa R7 (Formación de las vainas): “Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos una vaina, de los 52 a los 60 días” (p. 7)

Etapa R8 (Llenado de vainas): “Llenado de semillas en la primera vaina en el 50% de las plantas, esto inicia de los 61 días a 84 días” (p. 7)

Etapa R9 (Maduración): “Cambio de color en por lo menos una vaina en el 50% de las plantas (del verde al amarillo uniforme o pigmentado), esto termina de los 85 a 98 días” (p. 7).

Figura 1: Etapas de desarrollo de una planta de frijol (variedad Canario)

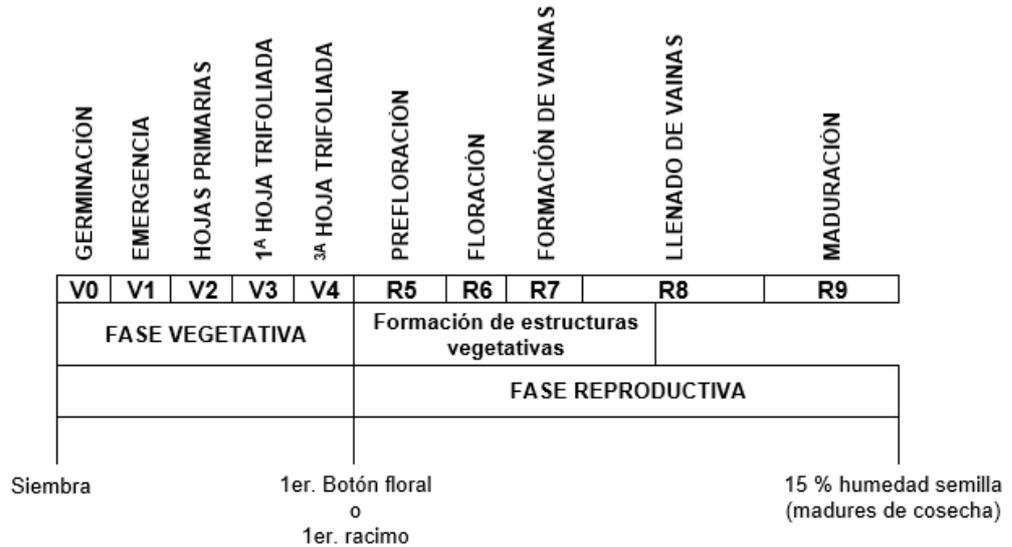
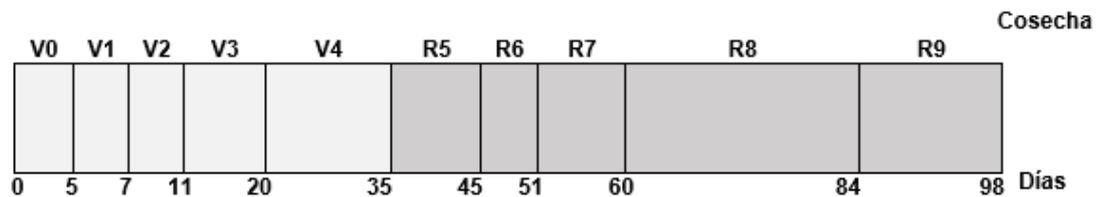


Figura 2: Días después de la siembra para las etapas de desarrollo de frijol canario



2.2.8.5. Condiciones edafoclimáticas

Ventura et al., 2018 (citado por Caldas, 2021) menciona lo siguiente:

Suelo: El frijol requiere suelos fértiles ricos en materia orgánica; prefiere suelos franco arcilloso y franco arenoso, porque permite mayor aireación y drenaje, que son factores importantes para su desarrollo radicular y la formación de nódulos. Con pH (acidez o alcalinidad), en el rango entre 6,5 y 7,5. El frijol tolera pH hasta de 5,5, aunque por debajo

de ese límite presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso (p. 9).

Agua: el consumo promedio es de 228 mm. En la fase vegetativa aproximadamente demanda de 85,7 mm, en las etapas V3 y V4 requiere de 63,3 mm, mientras que durante la fase reproductiva el consumo aproximado es de 143,2 mm, siendo las etapas R5 y R8 las de mayor demanda de este recurso (92,6 mm). Esto demuestra que el suministro de agua en las etapas de prefloración, floración y formación y llenado de vainas es clave para garantizar una buena producción de grano (p. 9).

Así mismo Yanac, 2018 (citado por Caldas, 2021) menciona que la:

Temperatura: La planta es capaz de soportar temperaturas extremas (5°C ó 40°C) pero por periodos relativamente cortos; y si estas fueran prolongadas, los daños que sufrirán serán irreversibles. Para el proceso de germinación se requiere de una temperatura mínima de 10 a 12 °C; para la floración, de 15 a 18 °C; y para el llenado, de 18 a 20 °C (p. 9).

2.2.8.6. Manejo agronómico del cultivo de frijol

El manejo del cultivo de frijol requiere de varias actividades de las cuales se detalla en los siguientes puntos:

Preparación de terreno: “El propósito de la preparación del suelo es garantizar condiciones favorables para la germinación de semillas, mejor desarrollo radicular y retrasar el crecimiento de malezas” (Huacarpuma, 2017, p. 15).

Semilla: es recomendable utilizar semilla fresca, de buena calidad (certificad) y antes de la siembra para comprobar la calidad,

realizar la prueba de germinación. De ser el caso hacer un tratamiento con fungicida antes de la siembra.

Siembra: “Se debe colocar 3 semillas por golpe a una profundidad de 4 a 6 cm, con un distanciamiento de 0.70 m y 0.20 m. la cantidad de semilla por hectárea dependerá del tamaño de grano y el distanciamiento” (Huacarpuma, 2017, p. 15).

Huacarpuma (2017) hace referencia que el:

Abonamiento: se recomienda 60 a 80 kg de nitrógeno y 40 kg/ha de fósforo. En suelos ácidos deficientes en nitrógeno y fósforo y con niveles altos de aluminio y manganeso, se debe utilizar medidas correctivas adecuadas; los mejores rendimientos se han obtenido con fertilizantes nitrogenadas, no debiendo sobrepasarse la dosis adecuada que por lo general debe ser baja, pues se produciría un exceso de desarrollo que deprime la cosecha del grano, haciéndose la planta más susceptible al ataque de plagas y enfermedades; en cuanto al fósforo responde al abonamiento fosfatado (p. 16)

Huacarpuma (2017) refiere que el:

Riego: Requiere 3.4 mm de agua al día desde el momento de la siembra hasta la etapa fenológica de prefloración, 6 mm al día durante la floración y 5 mm al día desde la formación de vainas hasta el llenado de grano. En total entre 200 a 400 mm de agua durante el ciclo fenológico. Las etapas críticas son 15 días antes de la floración y 18 a 22 días hasta la maduración de las primeras vainas (p. 16).

Huacarpuma (2017) manifiesta que el:

Control de malezas: se debe realizar durante los 5 a 30 días después de la siembra. Durante este periodo se puede reducir perdidas de rendimiento entre 50 % y 70 %. En los primeros 30 días después de la siembra el desarrollo del frijol es lento, siendo el periodo crítico de

competencia de malezas. Pasado los 30 días hasta los 50 días, el crecimiento de la planta es rápido alcanzado un máximo desarrollo de área foliar. En esta etapa las hileras se cierran y ejercen control sobre las malezas por el efecto de sombra. En este periodo no se recomienda realizar labores de limpieza mecánica porque podría ocasionar caída de flores, daños al cultivo y diseminación de enfermedades. La competencia de malezas no afecta hasta el fin del ciclo, solo podría dificultar la cosecha. El control sistémico e integrado, considera métodos culturales, mecánicos y químicos (p. 16).

Huacarpuma (2017) indica que la:

Plagas y enfermedades: el manejo de las plagas está orientado en el principio de la prevención. Los insectos plaga pueden ocasionar grandes pérdidas. El daño puede efectuarse de forma directa succionando la sabia y consumir el tejido vegetal o de forma indirecta mediante la transmisión de enfermedades (p. 17).

Según Arex, 2014 (citado por Huacarpuma, 2017) las plagas más importantes del cultivo de frejol son: Gusanos cortadores (*Feltia experta*, *Agrotis ypsilon*, *Spodoptera frugiperda*); Cigarrita o Lorito verde (*Empoasca kraemerii*); Barrenador de brotes (*Epinotia aporema*) y Barrenador de vainas (*Laspeyresia leguminis*) (p. 17).

Como menciona el INTA, 2009 (citado por Huacarpuma, 2017) el frijol es afectado por muchos patógenos de las condiciones ambientales. Existen enfermedades de mayor importancia que ocasionan daños a la producción del cultivo, entre las que se encuentran hongos, bacterias y virus (p, 17).

Según Arex, 2014 (citado por Huacarpuma, 2017) las enfermedades más importantes del cultivo de frejol son: pudriciones radiculares (*Rizoctonia sp.*; *Fusarium sp.*), Roya (*Uromyces*

appendiculatus); Botritis (*Botritis* sp.); Nemátodos del nudo y de la raíz (*Meloidogyne incógnita*).

Huacarpuma (2017) menciona que la:

Cosecha y postcosecha del frijol se da cuando las vainas cambian a un color verde amarillento, es ese momento se arrancan y se amontonan para terminar el secado y efectuar la trilla. Es adecuado realizar la cosecha 10 días después de la madurez fisiológica y la trilla 15 días después de la cosecha. No es recomendable dejar por periodos prolongados después de alcanzar la madurez fisiológica o si después del corte tarda en trillarse, ya que el grano se oscurece el color y se incrementa el tiempo de cocción (p. 17).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Relave minero

“Residuos generados por la actividad minera, donde es una mezcla de solidos con agua produciéndose una pasta que es trasladado a tranques de relaves” (Caldas, 2021, p. 10).

2.3.2. Crecimiento vegetal

“Incremento permanente en volumen, peso seco, o ambos” (Caldas, 2021, p. 10).

2.3.3. Vaina

Caldas (2021) manifiesta que:

La vaina es la porción basal de la hoja en gramíneas, la que se localiza abajo del limbo. Otra acepción también se designa al fruto de las leguminosas que se caracteriza por su alargada, más o menos globosa y sin divisiones carpelares; por ejemplo, vainas de frijol, alfalfa, cacahuate, garbanzo, etc. (p. 10)

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Existe efecto del relave minero como mejorador de suelo para el cultivo de frejol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. A mayores concentraciones de relaves mineros mejora los parámetros agronómicos del frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*).
- b. El análisis de suelo determinara sus propiedades.
- c. El relave minero actúa como mejorador del suelo.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable independiente

X1: Relave minero

2.5.2. Variable dependiente

Y1: Características agronómicas

Y1.1: Altura de planta

Y1.2: Grosor de tallo

Y1.2: Longitud de raíz

Y1.3: Tamaño de hoja trifoliar

Y1.4: Cantidad de vaina/Planta

Y1.5: Grano/Vaina

Y1.6: Peso de grano seco

Y1.7: Peso de materia seca

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

Tabla 1: Operacionalización de variable

VARIABLES	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL			
		INDICADORES	METODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTO
Relave minero	Los residuos compuestos por una suspensión fina de sólidos (mezcla de 50% sólido y 50% agua). Producidos por la mina.	0 g. de relave	Aplicación	Observacional	Ficha registral
		5 g. de relave	Aplicación	Observacional	Ficha registral
		10 g. de relave	Aplicación	Observacional	Ficha registral
		15 g. de relave	Aplicación	Observacional	Ficha registral
		20 g. de relave	Aplicación	Observacional	Ficha registral
Características agronómicas	Característica de la planta, vainas y granos de la planta de frijol canario.	Altura de planta	Medición	Observacional	Ficha registral
		Grosor de tallo	Medición	Observacional	Ficha registral
		Longitud de raíz	Medición	Observacional	Ficha registral
		Tamaño de hoja trifoliar	Medición	Observacional	Ficha registral
		Cantidad de vaina/Planta	Conteo	Observacional	Ficha registral
		Peso de materia seca	Peso	Observacional	Ficha registral
		Grano/Vaina	Conteo	Observacional	Ficha registral
		Peso de grano seco	Peso	Observacional	Ficha registral

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación al que pertenece el presente proyecto es el de tipo experimental aplicada (cuantitativo).

3.2. Nivel de investigación

Básica

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación que se aplicó en el presente trabajo, es el método Experimental Inductivo – Deductivo.

3.4. Diseño de investigación

El diseño experimental empleado en el trabajo de investigación fue Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 5 tratamientos, incluyendo al testigo, y 4 repeticiones.

3.3.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es una observación cualquiera

μ = Media poblacional

T_i = Efecto aleatorio del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del bloque j

E_{ij} = Error experimental

3.3.2. Análisis de variancia de plantas de frijol canario en campo definitivo

F. de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	Sig.
Tratamientos	5					
Bloque	3					
Error	15					
Total	23					
S =			\bar{x} =			C.V. =

De existir diferencias significativas en el ANVA, se realizará la Prueba de t para determinar la diferencia entre tratamientos y la Prueba de Significación de Duncan ($\alpha = 0.5$) para clasificar los tratamientos.

3.3.3. Características del diseño de la investigación

Los tratamientos fueron evaluados en parcelas de 5 surcos lineales (0.30 m. x 0.5 m), teniendo un área total del experimento 180 m².

Tratamientos : 5

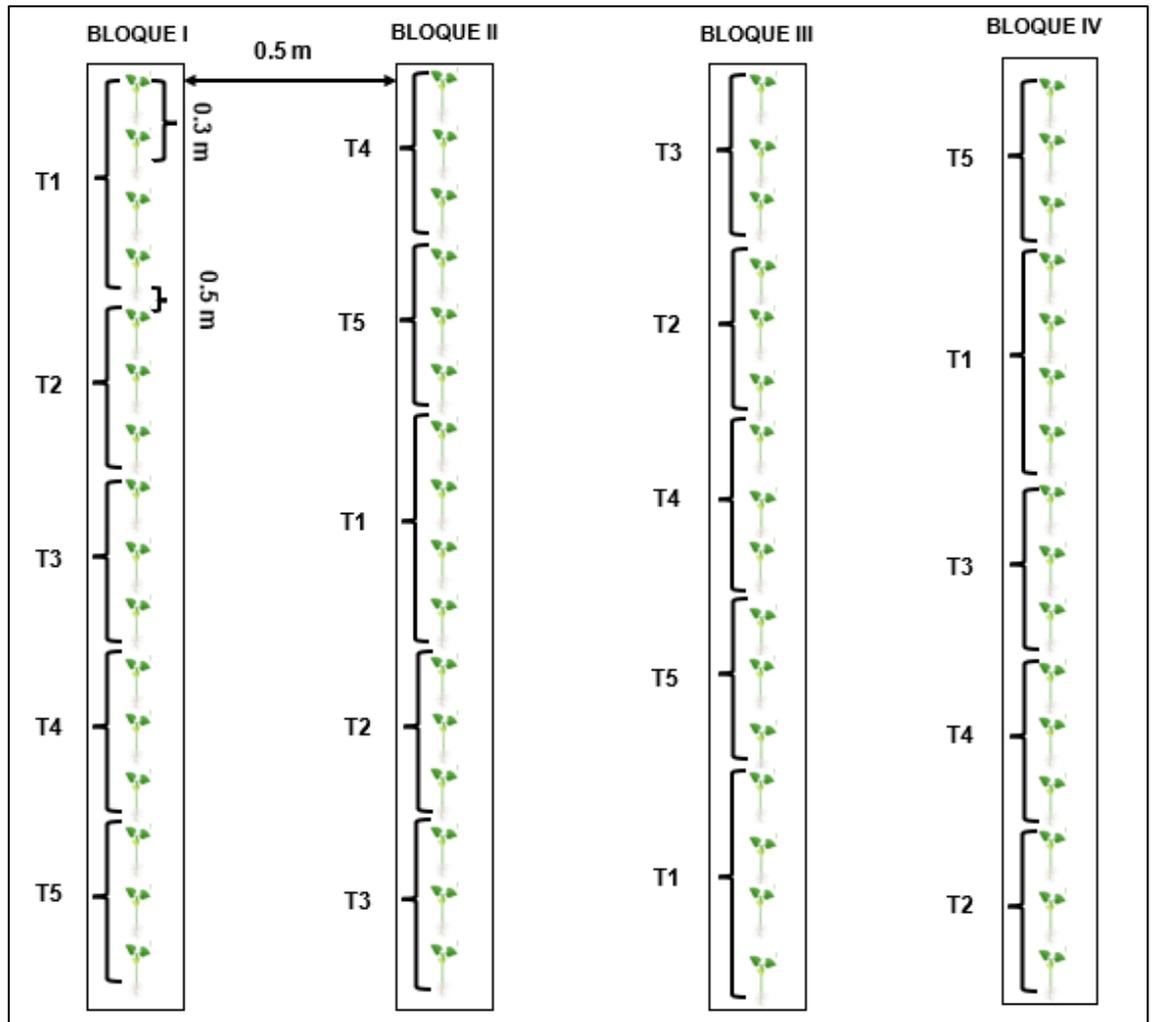
Número de bloques : 4

Longitud de la parcela : 20m

Ancho de la parcela : 9 m

Área total del experimento : 180 m²

Figura 3: Croquis del experimento



3.5. Población y muestra

La población del estudio corresponde a 250 plantas de frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el Fundo "Rio Colorado", CC.PP. La Alianza, distrito y provincia de Chanchamayo (cinco tratamientos con cuatro repeticiones). Cada tratamiento fue de 10 plantas por bloque de frijol canario con un distanciamiento de 0.3 m entre plantas y 0.50 m de calle.

La muestra corresponde a 5 plantas por unidad experimental, elegidas al azar para la evaluación de incidencia.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

La técnica de recolección de datos se realizó con evaluaciones de mediciones, pesos en campo y contadas; el análisis de suelos de los tratamientos en estudio y análisis químico de relave minero.

1. **Altura de planta (cm):** La medición de las plantas del frijol canario se realizó con una cinta métrica, a los primeros 20 días después de la siembra y posterior a esto se seguido tomando medidas con la escala de los 20 días hasta llegar al estado de la etapa R5 (Prefloración).
2. **Grosor de tallo (mm):** La toma de datos para este parámetro se consideró medir con un vernier digital, se tomó la medición en la etapa R5 (Prefloración) a los 45 días después de la siembra. Se realiza la evaluación por planta por cada tratamiento y bloque.
3. **Longitud de raíz (cm):** la medida de raíz del frijol canario se tomó de la raíz principal con una cinta métrica, esto se midió a los 90 días después de la siembra en la etapa R9 (maduración). Se considero evaluar por planta de cada tratamiento y bloque.
4. **Tamaño de hoja trifoliar (cm):** este parámetro se midió con una cinta métrica en la etapa V4 (Tercera hoja trifoliada) a los 30 días después de la siembra. Tomando cada planta por cada tratamiento y bloque.
5. **Cantidad de vaina/Planta (uni):** para este parámetro se consideró tomar los datos en la etapa R8 (llenado de vaina) a los 80 días, para ello se utilizó la ficha registral por el conteo que se realizó. Se considero tomar cada planta por tratamiento y bloque.
6. **Grano/Vaina (uni):** el conteo de granos por vaina se dio en el la etapa R9 (Maduración) a los 98 días, se procedió a cosechar las vainas y se abrió para poder obtener los granos del frijol canario. Se obtiene los resultados por planta de cada tratamiento y bloque.

7. Peso de grano seco (gr): Se peso los granos obtenidos después de haber secado, el peso se obtuvo de los granos totales por planta de cada tratamiento y bloques.

8. Peso de materia seca (gr): Se peso los restos de la planta incluido la cascara de las vainas, esto se realizó por planta de cada tratamiento y bloques.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante la ejecución del trabajo de investigación, se sometieron al análisis de varianza, que nos permitieron estimar la población, estas fueron: la media, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad. El Software estadístico que se utilizó para el procesamiento de los datos fue el SAS.

3.8. Tratamiento Estadístico

Al existir diferencia estadística entre los tratamientos en el ANVA, se realizará la Prueba de Significación de Tukey al 5% ($\alpha = 0.5$).

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La tesis para la obtención del grado profesional tiene como orientación ética la investigación y demostración que los relaves mineros pueden ser usados para el mejoramiento de suelos aplicando como fertilizante durante la etapa fenológica del cultivo de frijol y lo que se obtuvo en los resultados en el presente documento son datos reales de la evaluación desarrollada en campo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación y descripción del área experimental.

El trabajo de Investigación se instaló en Rio Colorado, ubicado en el Centro Poblado La Alianza, Distrito de Chanchamayo, Provincia de Chanchamayo y Departamento de Junín.

Según los datos proporcionados por GPS Test, la ubicación geográfica es de latitud sur a $10^{\circ} 57' 40.6''$ S, de longitud oeste a $75^{\circ} 17' 46''$ W y una altura de 750 msnm.

4.1.1.1. Ubicación Política

- Región: Junín
- Provincia: Chanchamayo
- Distrito: Chanchamayo
- CC.PP.: La Alianza

4.1.1.2. Ubicación geográfica

- Altitud: 750 msnm.
- Latitud sur: $10^{\circ} 57' 40.6''$
- Longitud norte: $75^{\circ} 17' 46''$

4.1.2. Material experimental.

El material experimental es el Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*), con cinco dosis de fertilización con relave minero como mejorador de suelo, para evaluar el desarrollo del cultivo principalmente las características agronómicas.

4.1.3. Materiales y equipos

4.1.3.1. Materiales de campo

- Tablero
- Fichas de datos
- Tijera de podar
- Chafle o machete
- Cinta métrica
- Etiquetas
- Vernier digital
- Rafia
- Parafilm

4.1.3.2. Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Papel bond de 75 g.
- Lápiz
- Lapicero
- Tablero de madera
- Resaltador
- USB
- Plumones

4.1.3.3. Equipos

- Laptop
- Celular
- Mochila de fumigar

4.1.3.4. Insumos

- Relave minero
- Benomyl
- Laclos

4.1.4. Dosis de Fertilización con relave minero en frijol canario

Tabla 2: Descripción de tratamientos.

TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN
T1	Semilla de frijol canario
T2	Semilla de frijol canario + 5 gr de relave minero
T3	Semilla de frijol canario + 10 gr de relave minero
T4	Semilla de frijol canario + 15 gr de relave minero
T5	Semilla de frijol canario + 20 gr de relave minero

4.1.5. Ejecución del experimento

Para la siembra del frijol canario se compró la semilla del material vegetal y posterior a esto se procedió a la preparación de terreno y así mismo aplicar el relave minero de acuerdo a los tratamientos y por bloques. Después preparado el terreno se procedió a la siembra de la semilla del frijol, el cual se sembró con un distanciamiento de 0.3 m entre plantas y 0.5 m de calle. Se realizó las siguientes etapas:

4.1.5.1. Fase de campo

- Etapa 1. Elección del lugar.** - El suelo del lugar del experimento rio colorado del CC.PP. La alianza, con altitud de 750 msnm y suelos de textura franco arenoso, con pH de 6.64 (suelo neutro), con buen drenaje y topografía plana; dicho terreno se eligió por características favorables para el cultivo de frijol canario.

- b. Etapa 2. Limpieza del terreno.** - Se realizó la limpieza del terreno con ayuda de una moto guadaña.
- c. Etapa 3. Análisis de suelo.** - Se sacaron muestras de forma zigzag del terreno, con una profundidad de 0.3 m, luego todas estas sub muestras se mezclaron bien para su homogenización y posteriormente se tomó 250 gr para su análisis en el Laboratorio de Análisis de Suelos en la provincia de Satipo.
- d. Etapa 4. Preparación del terreno.** - Se realizó la demarcación del terreno con Wincha poniendo estacas, el diseño utilizado fue lineales con un distanciamiento 0.3m x 0.5m.
- e. Etapa 5. Aplicación relave minero.** – Una vez preparado el terreno se procede a aplicar el relave minero por tratamientos en cada repetición (T0=0gr, T1=5gr, T2=10gr, T3=15gr, T4=20gr), una vez aplicado se espera un lapso de 20 días para proceder a la siembra.
- f. Etapa 6. Prueba de % de germinación de semilla:** Una vez obtenido las semillas del frijol canario, se procedió a realizar la prueba de % de germinación, el cual consistió en hacer germinar 100 semillas en una bandeja y así llegar al resultado de la viabilidad de la semilla.
- g. Etapa 7. Siembra de frijol canario.** - Se sembraron las semillas del frijol en el terreno preparado, se pusieron 3 semillas por golpe; según el diseño y distanciamiento en sistema lineal 0.3 m x 0.5 m.
- h. Etapa 8. Aplicación de fungicida y plaguicida.** – Se procedió a aplicar Benomyl (1 gr/L) para prevenir de

chupadera u otro hongo, se aplicó en la etapa V2 (Primera hojas) y Laclos (1 ml/L) para evitar la rancha del frijol, se aplicó en la etapa V4 (Hoja trifoliada).

- i. **Etapa 9. Limpieza del experimento instalado:** Se realizo limpieza de maleza cada mes, con ayuda de una lampa.
- j. **Etapa 9. Toma de datos del experimento:** una vez instalado la parcela del experimento, se procedió a tomar los datos a evaluar registrando en la ficha registral.
- k. **Etapa 10. Cosecha del Frijol canario.** – Cumplido el ciclo vegetativo el cultivo se procedió a la cosecha para así poder obtener más resultados y registra en la ficha para luego ser procesados.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Altura de planta (cm) a los 75 días.

Tabla 3: Análisis de varianza de altura de planta (cm) a los 75 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	5.98	1.49	1.55	0.25	ns
Bloque	3	2.80	0.93	0.97	0.44	ns
Error	12	11.60	0.96			
Total	19	20.39				
S = 0.98		X̄ = 30.88		C.V. = 3.18%		

En la tabla 3, se muestra el análisis de varianza para altura de planta de frijol canario, a los 75 días después de la siembra; se observa que, en la fuente de tratamientos y bloques, no existe diferencia significativa (ns), lo que nos indica que, todos los tratamientos y bloques, estadísticamente, son iguales con diferentes dosis de fertilización con relave minero.

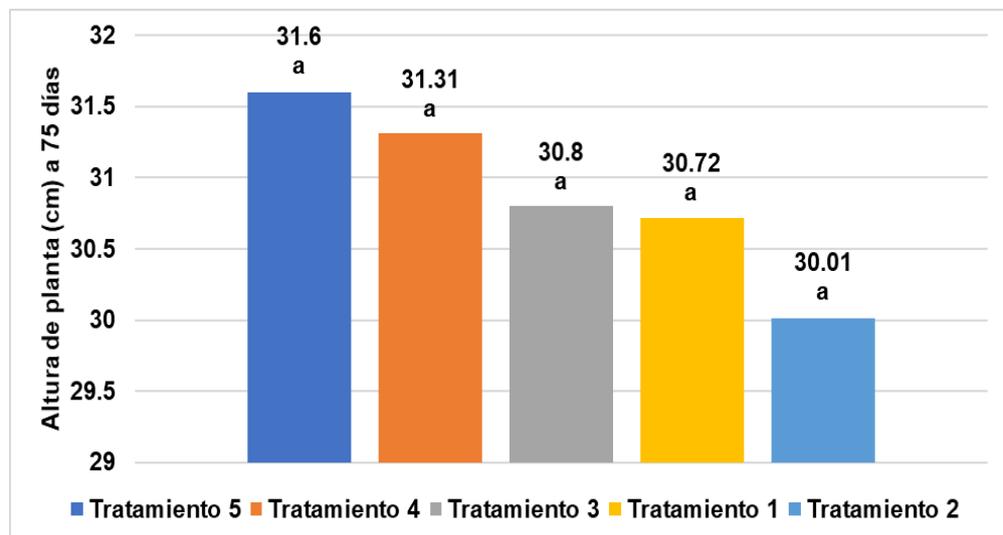
Es considerado según Calzada (1960), con un coeficiente excelente, con 3.18% lo que nos indica que; la altura de planta a los 75 días después de la

siembra, dentro de cada tratamiento es muy homogéneo con un promedio de 30.88 cm, con desviación estándar de 0.98.

Tabla 4: Prueba de significación de Tukey para altura de planta (cm) a los 75 días, en los diferentes tratamientos.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 5	31.60	a
2	Tratamiento 4	31.31	a
3	Tratamiento 3	30.80	a
4	Tratamiento 1	30.72	a
5	Tratamiento 2	30.01	a

Figura 4: Altura de planta a los 75 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 4 y figura 1, de acuerdo a la prueba de significación estadística según Tukey al 5 %, para altura de planta de frijol canario a los 75 días después de la siembra, se observa 1 categoría “a” conformada por el T5, T4, T3, T1 (testigo) y T2 con promedios de 31.6 cm, 31.31 cm, 30.8 cm, 30.72 cm y 30.01 cm. La presencia de una categoría nos indica que, no existe diferencia estadística en la fertilización con relave minero, para el carácter altura de planta.

4.2.2. Grosor de tallo (cm) 90 días

Tabla 5: Análisis de varianza del grosor del tallo (cm) a los 90 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	28.79	7.19	11.18	0.0005	**
Bloque	3	8.15	2.71	4.22	0.0297	*
Error	12	7.72	0.64			
Total	19	44.66				
S = 0.80		$\bar{X} = 7.92$		C.V. = 10.12%		

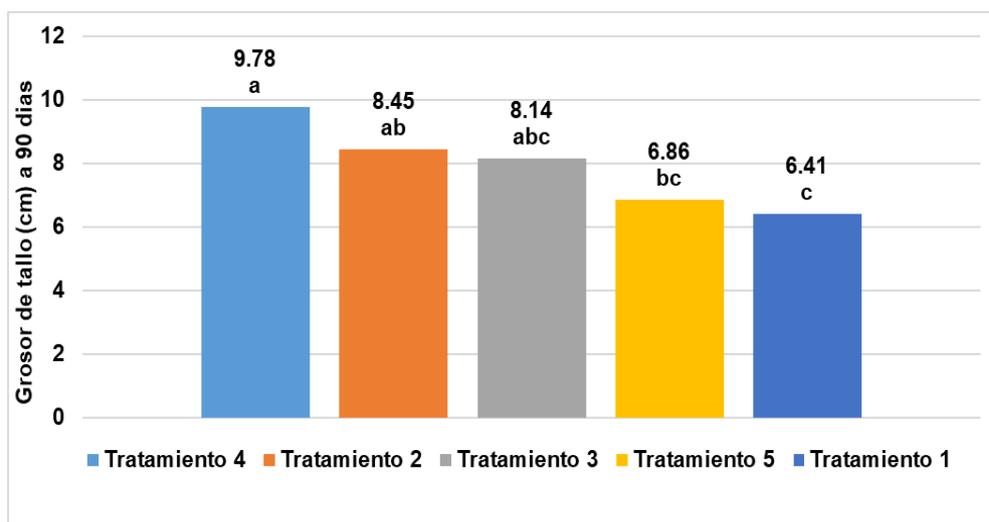
En la tabla 5, se muestra el análisis de varianza para el grosor de tallo del frijol canario, a los 90 días después de la siembra; se observa que, en la fuente de tratamiento muestra alta significación estadística (**) y en bloques existe diferencia estadística significativa (*), entre los tratamientos en estudio. La significación estadística en fuente de bloques nos indica que, las dosis de fertilización con relaves mineros entre bloques y para tratamientos hay alta diferencia significativa, es decir tienen efecto los tratamientos con diferentes dosis de fertilización de relave minero.

El coeficiente de variabilidad es de 10.12%, es considerado según Calzada (1960) como coeficiente excelente, lo que indica que, con las dosis de fertilización con relave minero, dentro de cada tratamiento es muy homogéneo con un promedio, de 7.92 cm, con desviación estándar de 0.80.

Tabla 6: Prueba de significación de Tukey para grosor de tallo (mm) a los 90 días, en los diferentes tratamientos.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 4	9.78	a
2	Tratamiento 2	8.45	a b
3	Tratamiento 3	8.14	a b c
4	Tratamiento 5	6.86	b C
5	Tratamiento 1	6.41	c

Figura 5: Diámetro de tallo de frijol canario a los 90 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 6 y figura 2, de acuerdo a la prueba de significación estadística según Tukey al 5 %, para grosor de tallo evaluado a los 90 días después de la siembra, se observa 5 categorías, las categoría “a” para el tratamiento T4 (15 gr de relave minero), la categoría “ab” para el tratamiento T2 (5 gr de relave minero), la categoría “abc”, tratamiento T3 (10 gr de relave minero), la categoría “bc”, tratamiento T5 (20 gr de relave minero) y la categoría “c” para el tratamiento T1 (testigo) con 6.41 mm que obtuvo menor grosor de tallo en comparación a los otros tratamientos. La presencia de 5 categorías nos indica que existe diferencia estadística, entre grosor de tallo del frijol canario.

4.2.3. Longitud de raíz (cm) 95 días

Tabla 7: Análisis de varianza longitud de raíz (cm) a los 95 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	102.32	25.58	0.35	0.84	ns
Bloque	3	14.95	4.98	0.07	0.97	ns
Error	12	886.35	73.86			
Total	19	1003.640000				
S = 8.59				X̄ = 35.50		C.V. = 24.20%

En la tabla 7, del análisis de varianza para longitud de raíz del frijol canario, evaluado a los 95 días etapa de cosecha; se observa que, en la fuente

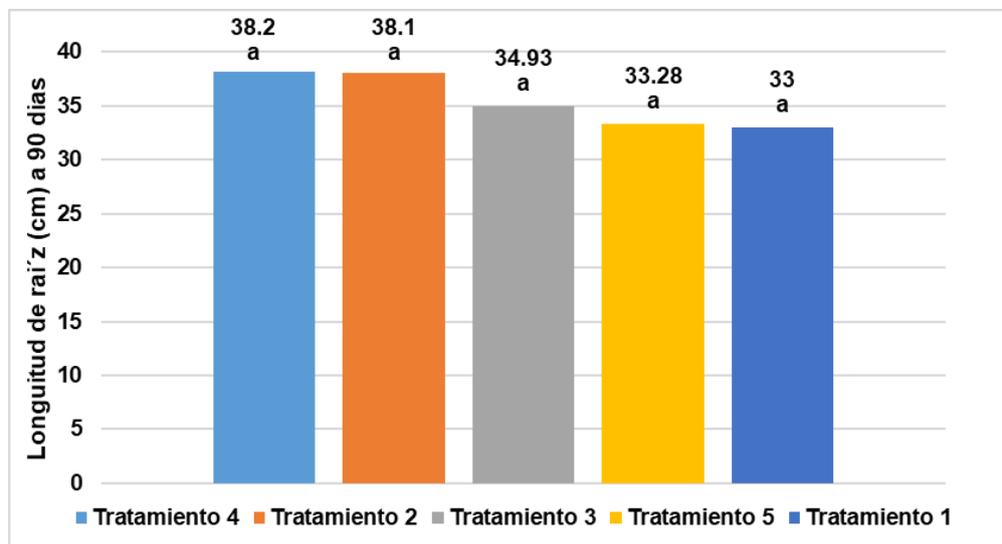
de tratamientos y bloques no hay diferencia estadística significativa (ns), lo que nos indica que, todos los tratamientos tienen medias iguales en las evaluaciones.

El coeficiente de variación de 24.20% se considera aceptable según Calzada (1960), lo que indica variabilidad moderada y homogeneidad razonable en las dosis de fertilización con relave minero, con una media de media: 35.30 cm y desviación estándar: 8.59 cm).

Tabla 8: Prueba de significación de Tukey para longitud de raíz (cm) a 95 días

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 4	38.20	a
2	Tratamiento 2	38.10	a
3	Tratamiento 3	34.93	a
4	Tratamiento 5	33.28	a
5	Tratamiento 1	33.00	a

Figura 6: Longitud de raíz de frijol canario a los 90 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 8 y figura 3, e acuerdo a la prueba de significación estadística de los promedios Tukey al 5%, para longitud de raíz del frijol canario evaluado a los 95 días (etapa de cosecha), se observa la presencia de 1 categoría “a” conformado por el T4, T2, T3, T5 y T1 (testigo) con promedios de 38.2 cm, 38.1

cm, 34.94 cm, 33.28 cm y 33 cm de longitud de raíz. La presencia de una categoría nos indica que, no existe diferencia estadística en las fertilizaciones con relave minero.

4.2.4. Tamaño de hoja trifilar (cm) 80 días

Tabla 9: Análisis de varianza de tamaño de hoja trifoliar a los 80 días

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	1.31	0.32	1.63	0.2298	ns
Bloque	3	0.30	0.10	0.51	0.6857	ns
Error	12	2.41	0.20			
Total	19	1003.640000				
S = 0.44				X̄ = 7.67		C.V. =5.84%

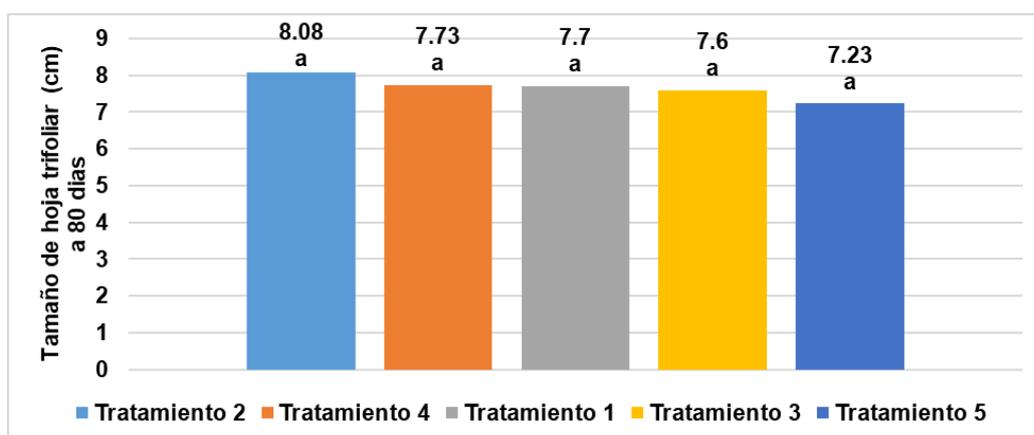
En la tabla 9, del análisis de varianza para tamaño de hoja trifoliar del frijol canario, evaluado a los 80 días en la etapa de llenado de vaina (R8); se observa que, en la fuente de tratamientos y bloques no hay diferencia estadística significativa (ns), lo que nos indica que, todos los tratamientos tienen medias iguales en las evaluaciones.

Según Calzada (1960), se considera un coeficiente excelente, con 5.84% lo que indica que, las dosis de fertilización con relave minero, dentro de cada tratamiento es muy homogéneo con un promedio de 7.67 cm y con desviación estándar de 0.44.

Tabla 10: Prueba de significación de Tukey para tamaño de hoja trifoliar (cm) a 80 días.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 2	8.08	a
2	Tratamiento 4	7.73	a
3	Tratamiento 1	7.70	a
4	Tratamiento 3	7.60	a
5	Tratamiento 5	7.23	a

Figura 7: Tamaño de hoja trifoliar (cm) a los 80 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 10 y figura 4, de acuerdo a la prueba de significación estadística de los promedios Tukey al 5%, para tamaño de hoja trifoliar del frijol canario evaluado a los 80 días R8 (etapa de llenado de vainas), se observa la presencia de 1 categoría “a” conformado por el T2, T4, T1 (testigo), T3 y T5 con promedios de 8.08 cm, 7.73 cm, 7.7 cm, 7.6 cm y 7.23 cm. La presencia de una categoría nos indica que, no existe diferencia estadística en las fertilizaciones con relave minero.

4.2.5. Cantidad de vainas/planta (uni.)

Tabla 11: Análisis de varianza de número de vainas/planta a los 95 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	537.50	134.37	2.65	0.0852	ns
Bloque	3	218.80	72.93	1.44	0.2798	ns
Error	12	607.70	50.64			
Total	19	1364.00				
	S = 7.11			$\bar{X} = 15.00$		C.V. = 47.44%

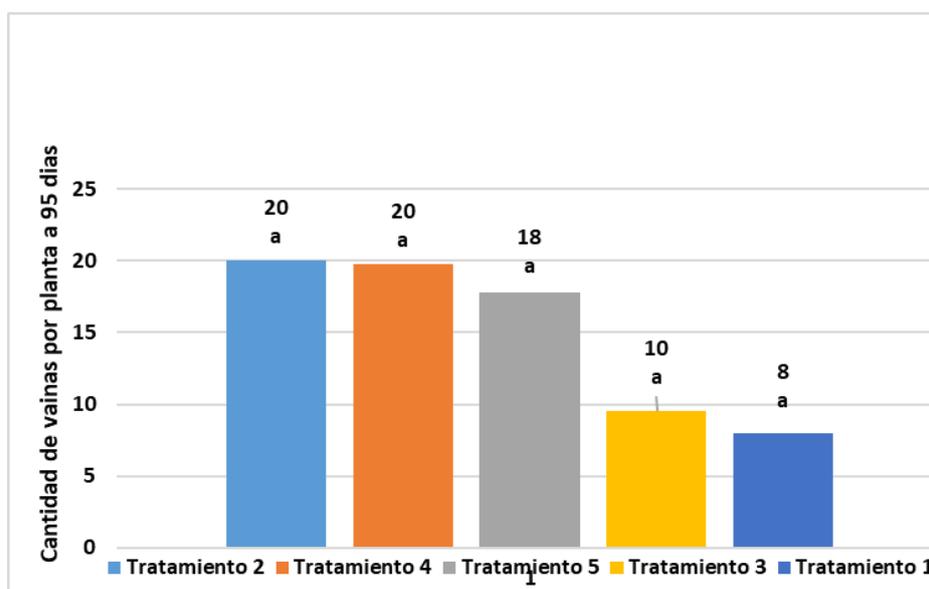
En la tabla 11, del análisis de varianza para número de vainas/planta del frijol canario, evaluado a los 95 días en la etapa de maduración (R9); se observa que, en la fuente de tratamientos y bloques no hay diferencia estadística significativa (ns), lo que nos indica que, todos los tratamientos tienen medias iguales en las evaluaciones.

El coeficiente de variación fue de 47.44%, lo cual, según Calzada (1960), se considera pobre, indicando alta variabilidad en las dosis de fertilización con relave minero con una media de 15 unidades; desviación estándar: 7.11, por lo que la homogeneidad entre tratamientos es baja.

Tabla 12: Prueba de significación de Tukey para número de vainas/planta a 95 días.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 2	20	a
2	Tratamiento 4	20	a
3	Tratamiento 5	18	a
4	Tratamiento 3	10	a
5	Tratamiento 1	8	a

Figura 8: Número de vainas /planta (uni.) a los 95 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 12 y figura 5, de acuerdo a la prueba de significación estadística de los promedios Tukey 5%, para el número de vainas/planta, se observa la presencia de 1 categoría “a” conformado por el tratamiento T2, T4, T5, T3 y T1 (Testigo) con promedios de 20, 20, 18, 10 y 8 unidades de vainas /planta de frijol canario que fueron fertilizados con relave minero.

4.2.6. Peso de materia seca (gr)

Tabla 13: Análisis de varianza de materia seca a los 98 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	36871.20	9217.80	7.05	0.0037	**
Bloque	3	5816.55	1938.85	1.48	0.2689	ns
Error	12	15693.20	1307.76			
Total	19	58380.95				
S = 36.16				$\bar{X} = 125.95$		C.V. = 28.71%

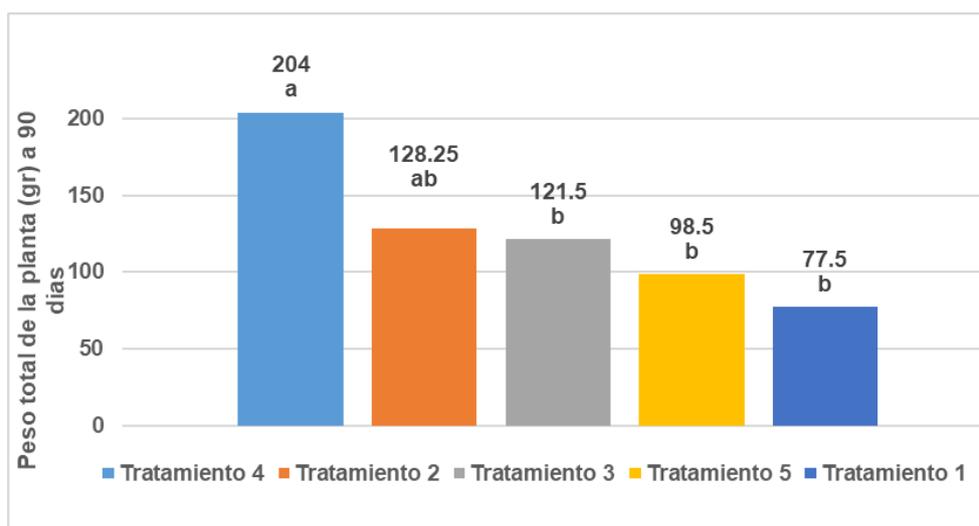
En la tabla 13, se muestra el análisis de varianza para peso de materia seca de la planta de frijol canario; que la variación en la fuente de tratamientos muestra alta significación estadística (**) y en bloques no existe diferencia estadística significativa (ns), entre los bloques no hay diferencia en el peso de materia seca del frijol canario fertilizado con relave minero. La significación estadística para la fuente de tratamientos hay alta diferencia estadística significativa, es decir tienen efecto la fertilización con relave minero como mejorador de suelo en los tratamientos en estudio.

El coeficiente de variación fue de 28.71%, clasificado como aceptable según Calzada (1960), lo que indica una variabilidad moderada en el peso de materia seca de planta de frijol canario fertilizado con relave minero con un promedio de 125.95 g, con desviación estándar: 36.16 g), con una homogeneidad adecuada entre tratamientos.

Tabla 14: Prueba de significación de Tukey para materia seca a los 98 días.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 4	204.00	a
2	Tratamiento 2	128.25	a b
3	Tratamiento 3	121.50	b
4	Tratamiento 5	98.50	b
5	Tratamiento 1	77.50	b

Figura 9: Materia seca a los 95 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 14 y figura 6, en la prueba de Tukey al 5% para peso de materia seca de frijol canario fertilizado con relave minero como mejorador de suelo, se observa 3 categorías, la categoría “a” para el tratamiento 4 (relave minero 15 gr/planta), la categoría “ab”, tratamiento 2 (relave minero 2 gr/planta) y la categoría “b” conformada por el tratamiento 3, tratamiento 5 y tratamiento 1 (testigo) con 77.5 gr que obtuvo menor peso en comparación a los otros tratamientos en estudio.

4.2.7. Grano/Vaina (uni.)

Tabla 15: Análisis de varianza de grano/vaina a los 98 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	1.20	0.30	1.29	0.3294	ns
Bloque	3	0.20	0.06	0.29	0.8348	ns
Error	12	2.80	0.23			
Total	19	4.20				
S = 0.48		X̄ = 5			C.V. = 10.27%	

En la tabla 15, del análisis de varianza para en número de grano/vaina, evaluado a los 98 días después de la cosecha; se observa que, en la fuente de tratamientos y bloques no hay diferencia estadística significativa (ns), lo que nos indica que, todos los tratamientos tienen medias iguales en las evaluaciones de

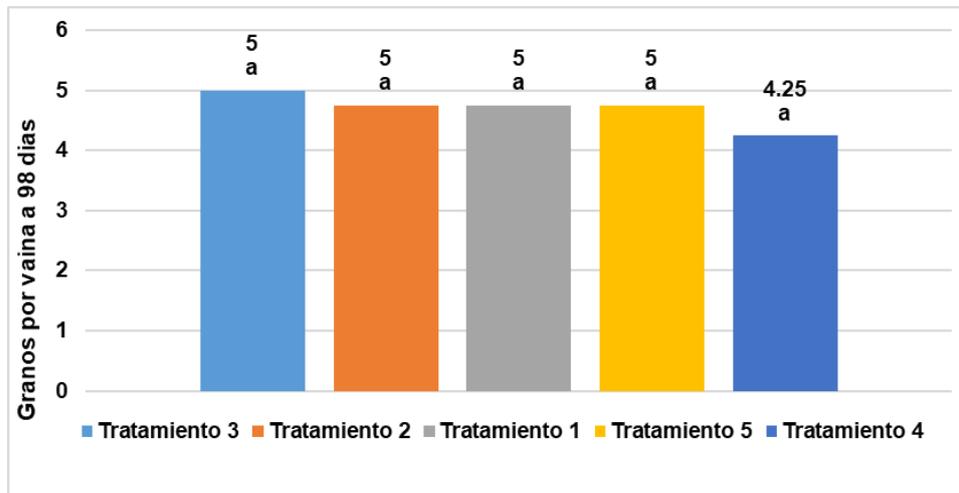
numero de grano/vaina de frijol canario fertilizado con relave minero como mejorador de suelo.

Según Calzada (1980), con un coeficiente de variabilidad 10.27%, es considerado excelente, lo que nos indica que; los números de granos por vaina, dentro de cada tratamiento es muy homogéneo con un promedio de 5 granos por vaina y con desviación estándar de 0.48.

Tabla 16: Prueba de significación de Tukey de grano/vaina a los 98 días.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 3	5	a
2	Tratamiento 2	5	a
3	Tratamiento 1	5	a
4	Tratamiento 5	5	a
5	Tratamiento 4	4	a

Figura 10: Grano/vaina 98 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 16 y figura 7, de acuerdo a la prueba de significación estadística de los promedios Tukey 5%, para el indicador número de granos por vaina de frijol canario fertilizado con relave minero como mejorador de suelo, se observa la presencia de 1 categoría “a” conformado por el tratamiento T3, T2, T1 (Testigo), T5 y T4 con promedios de 5, 5, 5, 5 y 4 unidades de granos de frijol canario por vainas.

4.2.8. Peso de grano seco (gr)/planta

Tabla 17: Análisis de varianza de peso grano seco a los 100 días.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M	Fcal	Pr > F	Sig.
Tratamiento	4	0.09	0.0243	3.07	0.0588	ns
Bloque	3	0.02	0.0007	0.91	0.4656	ns
Error	12	0.09	0.0079			
Total	19	0.21				
S = 0.089				$\bar{X} = 0.38$		C.V. = 23.42%

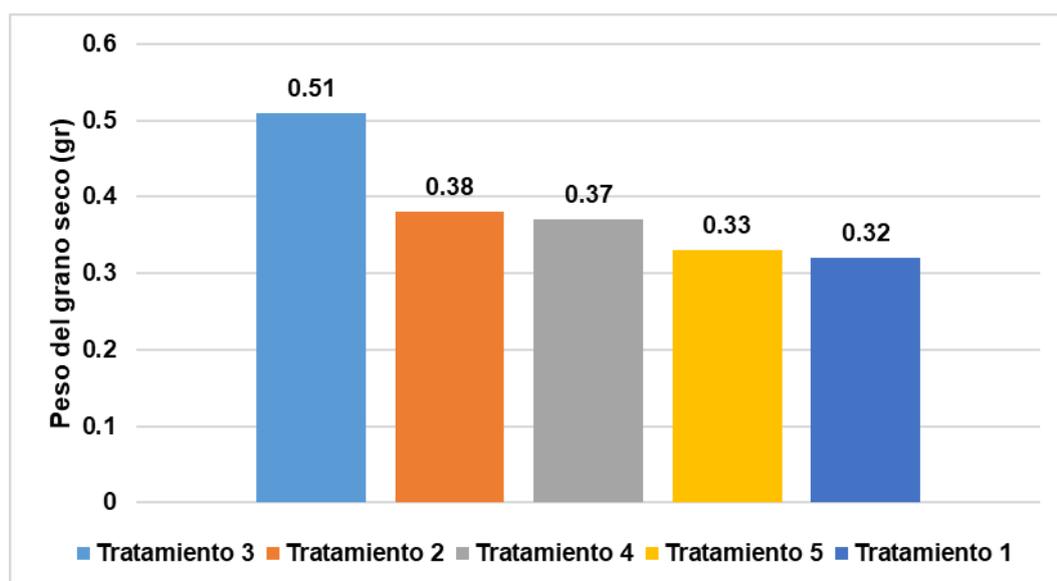
En la tabla 17, del análisis de varianza para peso de grano seco por planta, tomado los datos a los 100; se observa que, en la fuente de tratamientos y bloques no hay diferencia estadística (ns), lo que nos indica que, todos los tratamientos tienen medias iguales en las evaluaciones.

Es considerado según Calzada (1960), con un coeficiente aceptable, con 23.42% lo que nos indica una variabilidad moderada en el peso de grano seco por planta de frijol canario fertilizado con relave minero, con un promedio de 0.38 gr y con desviación estándar de 0.089.

Tabla 18: Prueba de significación de Tukey de peso de grano seco a los 100 días.

OM	Tratamientos	Promedio	Significación
1	Tratamiento 3	0.51	a
2	Tratamiento 2	0.38	a
3	Tratamiento 4	0.37	a
4	Tratamiento 5	0.33	a
5	Tratamiento 1	0.32	a

Figura 11: Peso de grano a los 100 días, en los diferentes tratamientos.



En la tabla 18 y figura 8, en la prueba de significación de Tukey al 55 para peso de grano seco por planta a los 100 días de evaluación, se observa 1 categoría “a” conformada por los tratamientos T3, T2, T4, T5 Y T1 (Testigo) con promedios de 0.51 gr, 0.38 gr, 0.37 gr, 0.33 gr y 0.32 gr de granos de frijol canario por planta, fertilizado con relave minero como mejorador de suelo.

4.2.9. Análisis de suelo

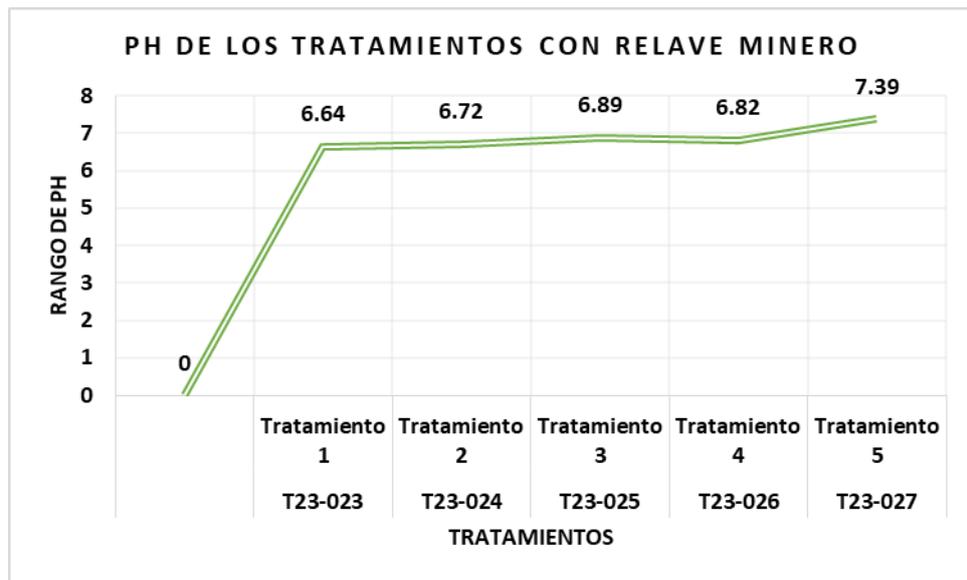
Tabla 19: Resultado de análisis de suelo para la instalación de frijol canario.

Registro Lab.	CLAVE DE CAMPO	pH	M.O. %	Nitrogeno disponible Kg/ha/año	Fosforo extractable mg/Kg	Potasio extractable mg/Kg	CIC Efectiva meq/100g	Calcio cambiabile meq/100g	Magnesio cambiabile meq/100g	Potasio cambiabile meq/100g	Análisis Mecánico			Clase Textural
											ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	
T23-023	Tratamiento 1	6.64	1.54	37.81	34.52	114.55	10.78	8.8	0.35	1.48	62.96	7.34	29.69	Fran. Are.
T23-024	Tratamiento 2	6.72	2.01	49.63	33.65	131.22	9.45	5.9	1.85	1.7	68.01	8.43	23.56	Fran. Are.
T23-025	Tratamiento 3	6.89	1.9	46.71	36.56	14.55	8.19	6.15	1.75	0.19	64.01	6.43	29.56	Fran. Are.
T23-026	Tratamiento 4	6.82	2.18	53.12	33.94	118.72	9.63	5.85	2.2	1.53	59.96	11.43	28.6	Fran. Are.
T23-027	Tratamiento 5	7.39	1.82	45.07	38.5	116.64	10.16	5.8	2.75	1.51	69.96	4.39	25.65	Fran. Are.

En la tabla 19, se muestra los resultados del análisis de suelo del T1 que es el testigo (sin aplicar relave minero), donde se muestra que el suelo es de textura Franco Arenoso, con pH de 6.64, siendo un suelo Neutro. Cuando hablamos de suelos neutros se hace referencia a suelos equilibrados y con presencia de elementos químicos primarios y secundarios. Son suelos fértiles y por lo general son sencillos de ajustar al pH recomendado para el cultivo que

queramos cultivar. Los análisis realizados del T2, T3, T4 y T5 (con aplicación de relave minero), nos va mostrando los resultados del T2 (5 gr de relave minero) con pH 6.72, T3 (10 gr de relave minero) con pH 6.89, T4 (15 gr de relave minero) con pH 6.83 y el T5 (20 gr de relave minero) con pH 7.39, mostrando así que el T5 seguido del T3, T4 y T2 muestran resultados positivos, que a mayor relave minero ira mejorando el pH del suelo.

Figura 12: pH de los tratamientos en estudio con aplicación de relave minero.



En la figura 9 se muestra la escala del rango del pH mostrando el T1 con 6.64 (sin relave minero) y mostrando el T5 con 7.39, mostrando una mejora, aplicando más relave minero se corrige el pH del suelo. Así mismo en los resultados de los análisis realizados del relave minero muestra concentraciones de micronutrientes como Ca % (> 15.00), Cu 11.4 ppm, Mn 1395 ppm, Zn 3959 ppm.

4.3. Prueba de Hipótesis

Hipótesis estadística:

Ho: Todas las medias de los tratamientos son menores o igual que la f tabular

Ha: Al menos una media de un tratamiento es mayor que la f tabular

Regla de decisión:

Si $f_{cal} \leq 3.84$, se acepta la H_0 , y se rechaza la H_a

Si $f_{cal} > 3.84$, se rechaza la H_0 , y se acepta la H_a

Variables	F cal	Pr > F	Decisión
Altura de planta	1.55	0.2507	Se rechaza la H_a
Grosor de tallo	11.18	0.0005	Se acepta la H_a
Longitud de raíz	0.35	0.8416	Se rechaza la H_a
Tamaño de hoja trifoliar	1.63	0.2298	Se rechaza la H_a
Cantidad de vaina/Planta	2.65	0.0852	Se rechaza la H_a
Peso de materia seca	7.05	0.0037	Se acepta la H_a
Grano/Vaina	1.29	0.3294	Se rechaza la H_a
Peso de grano seco	3.07	0.0588	Se rechaza la H_a

4.4. Discusión de resultados

La presente investigación, se evaluó los relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en el distrito de Chanchamayo – Junín, en el centro poblados la Alianza, Anexo Rio Colorado. Mediante los análisis realizados se determinó que las diferentes dosis aplicación de relave minero en el suelo, influyo en el pH del suelo, siendo así que, a mayor relave minero, el pH del suelo ira subiendo; tal como se mostró en el T5 que se aplicó 20 gr de relave minero, y en los resultados obtenidos del análisis (T5) mostro un pH de 7.39 a diferencia del T1 (testigo) sin relave minero, mostró un pH de 6.64. Mediante los análisis realizados en el análisis de varianza, se determinó que las diferentes dosis de aplicación de relave minero influyeron positivamente en el diámetro de tallo de frijol canario, donde se obtuvo 9.78 mm para el tratamiento T4 (15 gr de relave minero), seguido del tratamiento T2 (5 gr de relave minero) con 8.45 mm y también para el peso de materia seca, se obtuvo 204 gr para el T4 seguido del T2 con 128.25 gr. Mostrando que la

fertilización con relave minero como mejorador de suelo en los tratamientos en estudio si tuvieron efecto. Comprados con los resultados obtenidos por Ynfa (2017) en el cultivo de maíz, muestran que la absorción de metales pesados en muchas plantas afecta el crecimiento y desarrollo de éstas, principalmente las raíces, influyendo en el desarrollo del vástago, el cual muestra también nuestros resultados. Así mismo menciona que presentó mejores resultados en el crecimiento foliar en las proporciones de relave del 4% al 32%. También menciona que aumenta la masa en tallos se presentó en los tratamientos T2 (4% relave) a T5 (32% relave) resultados relacionados con nuestro trabajo de investigación. También hace menciona que en los tratamientos T2 (4% relave), T4 (16% relave) y T5 (32% relave) han desarrollado mayor masa de raíces el cual no se vio en nuestros resultados.

CONCLUSIONES

- El relave minero influyo en los parámetros agronómicos del cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*), para la variable grosor de tallo el T4 con 9.78 mm el cual se aplicó 15 gr de relave minero, seguido del tratamiento T2 con 8.45 mm (5 gr de relave minero). Así mismo para la variable peso de materia seca donde el T4 obtuvo mejor resultados con 204 gr seguido por el T2 con 128. 25 gr.
- El análisis de suelo del testigo (T1), que es sin aplicación de relave minero muestra que, el suelo donde fue instalado el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*), la clase textural es Franco Arenoso, con pH de 6.64, clasificado como un suelo neutro.
- El incremento del relave minero como mejorador de suelo en el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris L.*), muestra que el T5 (20 gr de relave) tiene un pH de 7.39 a diferencia del T1 (testigo) con un pH de 6.64, mostrando así que a mayor relave minero ira mejorando el pH del suelo. Adicional a estos resultados, según el análisis químico del relave minero muestra que contiene pequeñas cantidades de micronutrientes como el Ca % (> 15.00), Cu 11.4 ppm, Mn 1395 ppm, Zn 3959 ppm, que ayudaran al desarrollo del cultivo.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios que comprendan el desarrollo vegetativo desde la etapa de germinación hasta a obtención de semilla, para averiguar los elementos minerales en el desarrollo de la planta en distintos estados fenológicos.
- Se recomienda hacer estudios en diferentes clases texturales del suelo, aplicando los relaves mineros.
- Evaluar análisis químicos de plomo y mercurio en los granos de frijol canario (*Phaseolus Vulgaris L*)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Romero A., (2015). Tratamiento de relaves mineros contaminados con plantación de gramíneas (kikuyo) para convertirlos en áreas verdes en las minas de la región central del Perú [Tesis de grado académico de Magister Universidad UNCP] <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1352/REVISI%c3%93N%20BORRADOR%20TESIS%20MAESTRIA%20AMANDA%20%28Rep arado%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huaranga, F., et al. (2021). Especies bioindicadoras de contaminación por relaves mineros en el Sector Samne, La Libertad-Perú, 2021. Scielo Perú. Araldoa 28 (3): 633-650.
- Romero A. & Flores S. (2010). Caracterización de la pasta de relave para uso como relleno en labores mineras. Docentes de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n26/pdf2/a06v13n26.pdf
- Astuyauri D. & Pulcha C. (2020). Evaluación de la viabilidad aplicativa de la fitorremediación en relaves mineros a partir de plantas de sembrío tradicionales. Caso: Quebrada Corte Ladrones – Perubar, Corcona (Perú). [Tesis de grado para obtener bachiller Universidad PUCP] https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18194/ASTUYAURI_ROSADO_DIEGO_%20EVALUACI%c3%93N_VIABILIDAD_APLICATIVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carhuamaca J., (2018). Influencia de los relaves en pasta de la empresa aurex s.a. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca. [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental universidad UNDAC] http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/270/1/T026_71095465_T.pdf

- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2017). Determinación de metales pesados totales con digestión ácida y solubles lectura directa por Espectrofotometría de absorción atómica. 2004, 16. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorción+Atómica.pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>
- Ortiz O., (2022). Efecto del estiércol de cuy en la producción de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de agricultura familiar. [Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo universidad UNJFSC] <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7094/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Robles C., (2020). Uso de relave para mejoramiento de suelos por el método Compaction Grouting, Pasco - 2019. [Tesis para optar el título de ingeniero civil universidad UNDAC] <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2030>
- Caldas A., (2021). Efecto del ácido Giberélico en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Canario en irrigación San Felipe, Huaura. [Tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo universidad UNJFSC] <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6022/JUAN%20CALDAS%20ALVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ynfa F., (2017). Efecto del relave minero en la respiración potencial y la actividad enzimática del suelo y su relación con la germinación de semillas, crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) c.v. Cabanita y bioacumulación de metales pesados [Tesis académico para optar el título profesional de biólogo UNSA] <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/79498f31-c816-4dcb-95c4-b47f6ebc2a55/full>

ANEXOS

Anexo 1: Análisis químico de relave minero.



Análisis químico de minerales, concentrados, aleaciones, agua y aire. Control ambiental. Fabricación y venta, de reactivos químicos y equipos.

REPORTE DE ANALISIS QUIMICO

Cliente: RUGHIERI SARMIENTO
 N° de muestras: 1
 Fecha de Ingreso: 16/01/2023
 Fecha de Reporte: 24/01/2023
 Ref. Cliente: 153 H&F /2023
 Observación:

Método	GEO 041													
Elemento	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	
Unidad	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	
Limite Detec.	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01	1	1	1	0.5	0.01	10	
RELAVE	0.9	0.14	< 3	10	< 0.5	6.00	> 15.00	9	2	15	11.4	0.66	< 10	

Método	GEO 041												
Elemento	Hg	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	S	Sb
Unidad	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm
Limite Detec.	1	0.01	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5
RELAVE	< 1	0.04	7.1	4.36	1395	2	0.04	6	11	0.02	243	0.55	6

Método	GEO 041											
Elemento	Sc	Se	Sn	Sr	Te	Ti	Tl	V	W	Y	Zn	Zr
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite Detec.	0.5	10	10	0.5	10	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
RELAVE	< 0.5	< 10	< 10	99.3	< 10	< 0.01	< 2	< 2	51	1.8	3957	2.6

H&F LABORATORIOS SAC
 SERVICIOS ANALITICOS

 ALBINO HUAYTALLA M.
 GERENTE GENERAL

Anexo 2: Análisis de suelo parcela de frijol canario del T1



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA, PLANTAS Y FERTILIZANTES

KIPATSI

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Registro : T23-023
Interesado : Rughieri Eleazar Emanuel Sarmiento Rodriguez
Proyecto : Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de frijol canario (Phaseolus vulgaris L.) en el distrito de Chanchamayo - Junín
Lugar : CC.PP. La Alianza
Tratamiento : T1

Variable	Unidad	Resultado	Calificación
pH	Unidad	6.64	Neutro
Conductividad eléctrica	ds/m	0.46	No salino
Materia orgánica	%	1.54	Bajo
Nitrógeno disponible	Kg/ha/año	37.81	Bajo
Fósforo extractable	mg/Kg	34.52	Muy alto
Potasio extractable	mg/Kg	114.55	Medio
CO ₃ Ca	%	0.00	Muy bajo
CIC Efectiva	meq/100g	10.78	Alto
Calcio cambiable	meq/100g	8.80	Muy alto
Magnesio cambiable	meq/100g	0.35	Muy bajo
Potasio cambiable	meq/100g	1.48	Alto
Acidez cambiable	meq/100g	0.15	Muy bajo
Saturación de acidez	%	1.39	Muy bajo
Arena	%	62.96	Franco arenoso
Arcilla	%	7.34	
Limo	%	29.69	

Satipo, 15 de julio de 2023



Ing. Carlos F. Marcelo Oyague
CIP 31696

Anexo 3: Análisis de suelo parcela de frijol canario del T2



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA, PLANTAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Registro : T23-024
Interesado : Rughieri Eleazar Emanuel Sarmiento Rodriguez
Proyecto : Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en el distrito de Chanchamayo - Junín
Lugar : CC.PP. La Alianza
Tratamiento : T2

Variable	Unidad	Resultado	Calificación
pH	Unidad	6.72	Neutro
Conductividad eléctrica	ds/m	0.71	No salino
Materia orgánica	%	2.01	Medio
Nitrógeno disponible	Kg/ha/año	49.63	Medio
Fósforo extractable	mg/Kg	33.65	Muy alto
Potasio extractable	mg/Kg	131.22	Medio
CO ₃ Ca	%	0.00	Muy bajo
CIC Efectiva	meq/100g	9.45	Alto
Calcio cambiable	meq/100g	5.90	Medio
Magnesio cambiable	meq/100g	1.85	Medio
Potasio cambiable	meq/100g	1.70	Muy alto
Acidez cambiable	meq/100g	0.00	Muy bajo
Saturación de acidez	%	0.00	Muy bajo
Arena	%	68.01	Franco arenoso
Arcilla	%	8.43	
Limo	%	23.56	

Satipo, 15 de julio de 2023



Ing. Carlos Marcelo Oyague
CIP. 61696

Anexo 4: Análisis de suelo parcela de frijol canario del T3



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA, PLANTAS Y FERTILIZANTES

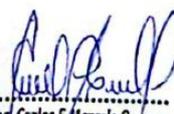
ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Registro : T23-025
Interesado : Rughieri Eleazar Emanuel Sarmiento Rodriguez
Proyecto : Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de frijol canario (Phaseolus vulgaris L.) en el distrito de Chanchamayo - Junín
Lugar : CC.PP. La Alianza
Tratamiento : T3

Variable	Unidad	Resultado	Calificación
pH	Unidad	6.89	Neutro
Conductividad eléctrica	ds/m	0.65	No salino
Materia orgánica	%	1.90	Bajo
Nitrógeno disponible	Kg/ha/año	46.71	Bajo
Fósforo extractable	mg/Kg	36.56	Muy alto
Potasio extractable	mg/Kg	14.55	Muy bajo
CO ₃ Ca	%	0.00	Muy bajo
CIC Efectiva	meq/100g	8.19	Alto
Calcio cambiabile	meq/100g	6.15	Alto
Magnesio cambiabile	meq/100g	1.75	Medio
Potasio cambiabile	meq/100g	0.19	Muy bajo
Acidez cambiabile	meq/100g	0.10	Muy bajo
Saturación de acidez	%	1.22	Muy bajo
Arena	%	64.01	Franco arenoso
Arcilla	%	6.43	
Limo	%	29.56	

Satipo, 15 de julio de 2023




Ing. Carlos F. Marcelo Oyague
CIP 61695

Anexo 5: Análisis de suelo parcela de frijol canario del T4



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA, PLANTAS Y FERTILIZANTES

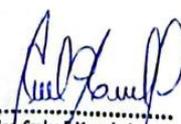
KIPATSI

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Registro : T23-026
Interesado : Rughieri Eleazar Emanuel Sarmiento Rodriguez
Proyecto : Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de frijol canario (Phaseolus vulgaris L.) en el distrito de Chanchamayo - Junín
Lugar : CC.PP. La Alianza
Tratamiento : T4

Variable	Unidad	Resultado	Calificación
pH	Unidad	6.82	Neutro
Conductividad eléctrica	ds/m	0.85	No salino
Materia orgánica	%	2.18	Medio
Nitrógeno disponible	Kg/ha/año	53.12	Medio
Fósforo extractable	mg/Kg	33.94	Muy alto
Potasio extractable	mg/Kg	118.72	Medio
CO ₃ Ca	%	0.00	Muy bajo
CIC Efectiva	meq/100g	9.63	Alto
Calcio cambiabile	meq/100g	5.85	Medio
Magnesio cambiabile	meq/100g	2.20	Medio
Potasio cambiabile	meq/100g	1.53	Muy alto
Acidez cambiabile	meq/100g	0.05	Muy bajo
Saturación de acidez	%	0.52	Muy bajo
Arena	%	59.96	Franco arenoso
Arcilla	%	11.43	
Limo	%	28.60	

Satipo, 15 de julio de 2023



Ing. Carlos F. Marcelo Oyague
CIP. 61698

Anexo 6: Análisis de suelo parcela de frijol canario del T5



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA, PLANTAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Registro : T23-027
Interesado : Rughieri Eleazar Emanuel Sarmiento Rodriguez
Proyecto : Evaluación de relaves mineros como mejorador de suelos para el cultivo de frijol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en el distrito de Chanchamayo - Junín
Lugar : CC.PP. La Alianza
Tratamiento : T5

Variable	Unidad	Resultado	Calificación
pH	Unidad	7.39	Neutro
Conductividad eléctrica	ds/m	0.36	No salino
Materia orgánica	%	1.82	Bajo
Nitrógeno disponible	Kg/ha/año	45.07	Bajo
Fósforo extractable	mg/Kg	38.50	Muy alto
Potasio extractable	mg/Kg	116.64	Medio
CO ₃ Ca	%	0.00	Muy bajo
CIC Efectiva	meq/100g	10.16	Alto
Calcio cambiabile	meq/100g	5.80	Medio
Magnesio cambiabile	meq/100g	2.75	Alto
Potasio cambiabile	meq/100g	1.51	Muy alto
Acidez cambiabile	meq/100g	0.10	Muy bajo
Saturación de acidez	%	0.98	Muy bajo
Arena	%	69.96	Franco arenoso
Arcilla	%	4.39	
Limo	%	25.65	

Satipo, 15 de julio de 2023

Carlos E. Marzolo Orjone
Ing. Carlos E. Marzolo Orjone
CIP 61030

ANEXO 7: Matriz de evaluación de datos

TRATAMIENTO	BLOQUE	ALTURA DE PLANTA	GROSOR DE TALLO	LONGITUD DE RAÍZ	TAMAÑO DE HOJA TRIFOLIAR	CANTIDAD DE VAINAS / PLANTA	PESO DE MATERIA SECA	GRANO/VAINA	PESO DEL GRANO SECO
		75 DÍAS	90 DÍAS	95 DÍAS	80 DÍAS	95 DÍAS	98 DÍAS	98 DÍAS	100 DÍAS
T1	I	32.47	7.15	30.00	8.30	8	98.00	5	0.31
T1	II	29.50	7.64	27.00	8.00	7	77.00	5	0.28
T1	III	29.70	5.37	40.00	7.50	8	68.00	4	0.40
T1	IV	31.21	5.46	35.00	7.00	9	67.00	5	0.28
T2	I	29.63	10.15	28.80	7.70	13	202.00	5	0.46
T2	II	29.53	8.87	45.00	7.90	31	120.00	4	0.26
T2	III	29.50	8.32	46.00	8.20	18	101.00	5	0.36
T2	IV	31.38	6.44	33.00	8.50	18	90.00	5	0.43
T3	I	31.41	8.32	30.00	7.00	15	185.00	5	0.42
T3	II	30.37	8.86	34.50	7.80	5	130.00	5	0.56
T3	III	29.89	7.98	28.30	8.00	12	84.00	5	0.46
T3	IV	31.54	7.41	40.30	7.60	6	87.00	5	0.61
T4	I	30.30	10.15	48.20	7.40	28	144.00	4	0.30
T4	II	31.91	10.17	30.00	8.00	17	249.00	4	0.45
T4	III	31.73	8.54	42.20	8.00	20	209.00	5	0.34
T4	IV	31.31	10.26	32.00	7.50	14	214.00	4	0.38
T5	I	30.34	7.34	44.20	7.00	35	118.00	4	0.14
T5	II	31.50	6.96	41.50	6.90	18	99.00	5	0.42
T5	III	32.43	5.82	24.00	7.40	12	80.00	5	0.38
T5	IV	32.14	7.33	30.00	7.80	6	97.00	5	0.37

Panel Fotográfico



Foto N° 01: Identificación, limpieza y preparación de terreno.



FOTO N° 02: Pesado del relave minero según tratamiento.



FOTO N° 03: Incorporación del relave minero según los tratamientos.



FOTO N° 04: Obtención de muestras de cada tratamiento para análisis de suelo.



FOTO N° 05: Siembra del frijol canario.



FOTO N° 06: Cercado del área experimental.



FOTO N° 07: Riego de las plantas de frijol canario.



FOTO N° 08: Aporque de la planta frijol canario.



FOTO N° 09: Medición de la altura de planta de frijol canario.



FOTO N° 10: medición del grosor del tallo de la planta del frijol canario.



FOTO N° 11: medición de la longitud de raíz de la planta frijol canario



FOTO N° 12: Conteo de vainas / planta del frijol canario



FOTO N° 13: Peso de materia seca de frijol canario



FOTO N° 14: Pesado del grano seco de la planta del frijol canario.