



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE TRES REGULADORES DE ACIDEZ EN EL
CULTIVO DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) A CAMPO ABIERTO
EN LA PARROQUIA NUEVO PARAÍSO-ORELLANA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

NAINA LISSETTE RAMON AMAYA

El Coca – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE TRES REGULADORES DE ACIDEZ EN EL
CULTIVO DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) A CAMPO ABIERTO
EN LA PARROQUIA NUEVO PARAÍSO-ORELLANA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: NAINA LISSETTE RAMON AMAYA

DIRECTOR: ING. JUAN GABRIEL CHIPANTIZA MASABANDA MSc.

El Coca – Ecuador

2023

© 2023, Naina Lissette Ramon Amaya

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Naina Lissette Ramon Amaya, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 22 de noviembre de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Naina Lissette Ramon Amaya', is shown on a light-colored background.

Naina Lissette Ramon Amaya
2200381719

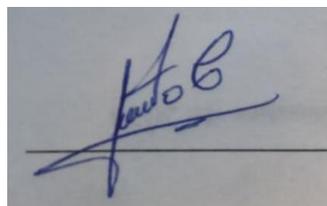
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Trabajo Experimental, **EVALUACIÓN DE TRES REGULADORES DE ACIDEZ EN EL CULTIVO DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) A CAMPO ABIERTO EN LA PARROQUIA NUEVO PARAÍSO-ORELLANA**, realizado por la señorita: **NAINA LISSETTE RAMON AMAYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Monica Isabel Izurieta Castelo, Mgtr
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



23-11-22

Ing. Juan Gabriel Chipantiza Masabanda, Mgtr
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



23-11-22

Ing. Pablo Danilo Carrera Oscullo, Mgtr
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



23-11-22

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios por ayudarme a cumplir un propósito más en mi vida, a mis padres Lidia Amaya y Efrén Ramon quienes me dieron su apoyo incondicional en todos estos años, a mis hermanos, a Wilson Carrillo que ha estado presente en mi toda mi formación académica.

Naina

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por darme vida y fortaleza para seguir adelante con mis estudios. Un agradecimiento muy especial a mi familia y amiga, que han aportado con un granito de arena a culminar mi tesis. A la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo “Sede Orellana” que me abrió las puertas y permitió mi formación profesional. A mi director Juan Chipantiza y tutor Pablo Carrera, por el tiempo y apoyo brindado en el proceso del proyecto de investigación, a la ingeniera Maritza Sánchez y a todos mis maestros quienes han sido mis mentores y me han compartido sus amplios conocimientos durante estos años. Al Sr. Ramiro Moncayo por abrirme las puertas de la empresa Indutecse Cia. Ltda y brindarme un espacio en su propiedad para realizar mi Trabajo Experimental. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma.

Naina

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY / ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	5
<i>1.3.1 Objetivo General</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i>	<i>5</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Referencias Teóricas.....	6
<i>2.2.1 Cultivo de girasol</i>	<i>6</i>
<i>2.2.2 Generalidades y origen</i>	<i>7</i>
<i>2.2.3 Descripción botánica</i>	<i>7</i>
2.3 Manejo del cultivo.....	8
<i>2.3.1 Preparación del terreno</i>	<i>8</i>
<i>2.3.2 Siembra.....</i>	<i>9</i>
<i>2.3.3 Densidad de siembra</i>	<i>9</i>
<i>2.3.4 Riego.....</i>	<i>9</i>
<i>2.3.5 Fertilización</i>	<i>10</i>

2.3.6	<i>Plagas y enfermedades</i>	10
2.4	Requerimientos climáticos y edáfico	11
2.4.1	<i>Acidez del suelo</i>	11
2.4.2	<i>Efectos de la acidez sobre el crecimiento vegetal</i>	12
2.4.3	<i>pH</i>	12
2.5	Proceso de regulación de acidez o encalado	13
2.5.1	<i>Reacciones de la cal en el suelo</i>	13
2.5.2	<i>Fuentes de encalado</i>	14
2.5.3	<i>Dosis de cal</i>	15
2.5.4	<i>Duración del efecto de la cal</i>	15
2.6	Cultivo de girasol en ecuador	15
2.7	Cultivo de girasol en el mundo	16

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	18
3.1	Ubicación del área de investigación	18
3.1.1	<i>Descripción del experimento</i>	19
3.2	Manejo específico del experimento	20
3.3	Materiales y métodos	22
3.4	Diseño experimental y análisis estadístico:	23

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	26
4.1	Determinación del mejor tratamiento regulador de pH	28
4.2	Determinación de la conductividad eléctrica	29
4.3	Determinación de las características morfológicas del girasol	30
4.4	Contenido de calcio en suelo	33
4.5	Recomendaciones agronómicas	34

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1 Conclusiones	36
5.2 Recomendaciones	36

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1: Clasificación taxonómica del girasol.....	7
Tabla 2- 2: Descripción botánica del girasol.....	8
Tabla 2- 3: Plagas del cultivo de girasol	10
Tabla 2- 4: Aceite de girasol: Hoja de balance mundial	17
Tabla 3- 1: Requerimientos del girasol	21
Tabla 3- 2: Variables dependientes e independientes	25
Tabla 3- 3: Tratamientos	25
Tabla 4-1: Tabla resumen de las variables.....	27
Tabla 4- 2: Análisis de suelo.....	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Escala de pH	13
Ilustración 3- 1: Mapa de ubicación del trabajo experimental	19
Ilustración 3- 2: Diseño de las parcelas	24
Ilustración 4- 1: Medida de pH por días	28
Ilustración 4- 2: Medida de Conductividad eléctrica por días	29
Ilustración 4- 3: Número de hojas por días	30
Ilustración 4- 4: Altura de la planta por días	31
Ilustración 4- 5: Diámetro del tallo por día.	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: GERMINACIÓN DE SEMILLA AL DÍA 6

ANEXO B: APLICACIÓN DE FERTILIZANTE 10-30-10

ANEXO C: FUMIGACIÓN PARA EL CONTROL DE PLAGAS

ANEXO D: MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DEL TALLO A LOS 15 DÍAS

ANEXO E: APLICACIÓN DE CARBONATO DE CALCIO

ANEXO F: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO

ANEXO G: ANÁLISIS DE PH DE LAS MUESTRAS

ANEXO H: HOJAS DE LA PLANTA HEMBRA

ANEXO I: PLANTA HEMBRA

ANEXO J: PLANTA MACHO

ANEXO K: CULTIVO DE GIRASOL

ANEXO L: ANÁLISIS DE SUELO ANTES DE LA APLICACIÓN DE LOS
TRATAMIENTOS

ANEXO M: ANÁLISIS DE SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS
TRATAMIENTOS

RESUMEN

En el cantón Francisco de Orellana los productores desconocen de la acidez del suelo (pH bajo), afectando el crecimiento de las plantas, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar tres reguladores de acidez en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) para establecer recomendaciones agronómicas en la parroquia Nuevo Paraíso del cantón Francisco de Orellana. El diseño utilizado fue un arreglo factorial A x B, donde el factor A (regulador de acidez) tiene 3 niveles (hidróxido de calcio, carbonato de calcio y silicato de calcio) y el factor B (dosis de regulador) tiene 2 niveles (200 g/m² y 400 g/m²). Los niveles de los factores anteriores se combinan y se obtiene 6 tratamientos con sus 3 respectivas repeticiones; la fase experimental consta de seis plantas seleccionadas al azar por cada repetición con un total de dieciocho plantas por tratamiento, los datos se evaluaron a los 45 días. En la tabulación se empleó el análisis de varianza que se realizó con el programa InfoStat a un nivel de confianza del 95 %. Se evaluaron las variables pH el cual resultado ser más eficiente con el tratamiento T2 hidróxido de calcio con una dosis de 400g/m² dando un valor de (7,75), de igual manera el tratamiento T2 mostró mejores resultados en las variables: altura de la planta (140,50cm) y diámetro del tallo (2,00cm), en la variable número de hojas (33,61 unidades) mostró mejores resultados con el tratamiento T6 silicato de calcio con una dosis de 400g/m². La conductividad eléctrica no tuvo significancia con ninguno de los tratamientos. Se concluye que el regulador de acidez más eficiente es el hidróxido de calcio con una dosis de 400 g/m², sin embargo, dado los costos de los reguladores se recomienda el tratamiento T3 Carbonato de calcio con una dosis de 200 g/m².

Palabras clave: <REGULADORES DE ACIDEZ>, <GIRASOL (*Helianthus annuus*) >, <PH>, <CALCIO>.

Cristian Tenelanda S

Ing. Cristian Sebastian Tenelanda S.
0604686709



1930-DBRA-UTP-2023

SUMMARY

In Francisco de Orellana canton producers are unaware of soil acidity (low pH), affecting plant growth therefore, the aim this research was to evaluate three acidity regulators in sunflower crop (*Helianthus annuus*) to establish agronomic recommendations in Nuevo Paraíso parish in Francisco de Orellana canton. The design used was an A x B factorial arrangement, where factor A (acidity regulator) has 3 levels (calcium hydroxide, calcium carbonate and calcium silicate) and factor B (regulator dose) has 2 levels (200 g/m² and 400 g/m²). The above factor levels are combined and 6 treatments are obtained with their respective 3 replicates; experimental phase consists six plants selected at random for each replicate giving eighteen plants per treatment, data were evaluated after 45 days. In the tabulation, the variance analysis was carried out with the Info Stat program with confidence level of 95 %. The variables pH was evaluated, which turned out to be more efficient with the treatment T2 calcium hydroxide with a dose 400g/m² giving a value of (7,75), in the same way the treatment T2 showed better results in the variables: height of the plant (140,50cm) and stem diameter (2,00cm), in the leaves variable number (33,61 units) it showed better results with the treatment T6 calcium silicate with a dose of 400g/m². Electrical conductivity was not significant with both treatments. It is concluded the most efficient acidity regulator is calcium hydroxide with a dose of 400 g/m², however, given the cost of regulators, treatment T3 Calcium carbonate with a dose 200 g/m² is recommended.

Keywords: <ACIDITY REGULATORS>, <GIRASOL (*Helianthus annuus*)>, <PH>, <CALCIUM>.

Translated by:



Lcda. Nancy de las Mercedes Barreno Silva. Mgs.

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus*) es una planta anual y herbácea de la familia de las asteráceas, originaria de América Norte, es una de las plantas con flor más popular cultivadas para el sector de la alimentación, del aceite y para la ornamentación de jardines. *Helianthus*, como se le conoce científicamente, significa "flor que gira con el sol", debido a su capacidad para seguir la ruta del sol, es decir, giran en busca de la luz solar (Zurita, 2022).

Según la Organización de las Naciones Unidas de la Agricultura y la Alimentación, los principales países productores de girasol en América Latina son Argentina (3.546.707 toneladas) y Venezuela (20.852 toneladas). Mientras Ecuador, produce 224 toneladas de semillas de girasol. Esto se debe principalmente a que se cultiva en la provincia de Los Ríos, con hectáreas cultivadas en los cantones de Babahoyo, Ventanas y Quevedo. Aunque Ecuador tiene condiciones agroecológicas favorables para el cultivo, no se produce a gran escala (Loor, 2021, p.19).

Ecuador exportó \$ 28,000 en semillas de girasol en 2021, convirtiéndose en el exportador número 91 de semillas de girasol en el mundo. En el mismo año, las semillas de girasol fueron el producto número 671 más exportado de Ecuador. Los principales mercados de exportación de semillas de girasol de Ecuador son Estados Unidos (US\$20,7 mil), México (\$7,27 mil) y Maldivas (\$65 mil). Los mercados de exportación de semillas de girasol de más rápido crecimiento de Ecuador en 2020-2021 son los Estados Unidos y las Maldivas (OEC, 2021).

De acuerdo con (Gutierrez, 2019), el girasol prefiere suelos arcillosos-arenosos, no es exigente con el tipo de suelo en el que crece, pero sí necesita un buen drenaje y una capa freática poco profunda. Es un cultivo sensible a la alta acidez porque reduce la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales para las plantas. La acidez del suelo proviene principalmente por la presencia de iones Al^{3+} e H^+ . Enseguida el pH en términos de acidez afecta las propiedades químicas y biológicas del suelo, reduciendo el crecimiento de las plantas y afectando la disponibilidad de nutrientes como calcio, magnesio, fósforo y potasio (Pihuave, 2020, p.15).

Optando como alternativa de uso los reguladores de acidez, como lo indica la palabra, tienen la función de normalizar el pH contando como ácidas las que poseen un pH menor a 7 (Mejías, 2019). Siendo importantes para que el sustrato de nuestro cultivo tenga un pH adecuado y las cantidades adecuadas de salinidad, acidez y alcalinidad para el desarrollo de los girasoles (MAFA, 2020). Esta técnica agronómica del uso de reguladores de acidez, es la forma más eficaz de

corregir el suelo, una de las sustancias más utilizada para el encalado es la cal agrícola, la que contiene (CaCO_3). El hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y el óxido de calcio (CaO) son dos fuentes que reaccionan rápidamente en el suelo, pero son complejas y desagradables de trabajar, por lo que su uso no es recomendable (Castellanos, 2021).

El presente trabajo tiene por objetivo, acondicionar el suelo para que exista la disponibilidad de los elementos que permita una adecuada nutrición del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) con el empleo de carbonato de calcio, hidróxido de calcio y silicato de calcio, como alternativa para establecer recomendaciones agronómicas y mejorar la salud de los suelos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El cultivo de girasol (*Helianthus annuus*), es una planta oleaginosa que se caracteriza por su adaptabilidad a una gran diversidad de medios ambientes (Zurita, 2022), lo cual tiene como objetivo de trabajo acondicionar el suelo para que exista la disponibilidad de los elementos que permita una adecuada nutrición del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) con el empleo de carbonato de calcio, hidróxido de calcio y silicato de calcio, como alternativa para establecer recomendaciones agronómicas y mejorar la salud de los suelos. De modo que la pregunta de investigación planteada fue ¿Cómo influyen los reguladores de acidez en el cultivo de girasol localizado en la parroquia Nuevo Paraíso?

De acuerdo con Castellanos (2021), los suelos ácidos dificultan la producción de cultivos de calidad y alto potencial de rendimiento, el pH en términos de acidez del suelo afecta considerablemente la disponibilidad y la asimilación de nutrientes, por ese motivo se pretende evaluar la acidez del suelo con la aplicación de enmiendas encalantes. El cultivo de girasol requiere un pH de 6.5 a 8 para obtener un buen desarrollo en las plantas (Chicaiza, 2019, p.14). Actualmente el girasol se cultiva en pequeñas extensiones y se concentra principalmente en la provincia de Los Ríos (Loor, 2021, p.20), por lo cual en Orellana no hay producción de girasol lo que evaluaremos en la presente investigación determinando el vigor de las plantas en relación a los acondicionadores de suelos.

Cabe resaltar la relevancia que tiene este trabajo ya que es posible realizar la evaluación de reguladores de acidez en el cultivo de girasol en virtud de que se tiene la posibilidad de aprovechar las condiciones edafoclimáticas como la temperatura y la radiación, además de ser una alternativa para la comercialización de flor fresca, semilla y follaje para el consumo de animales. Los productos e insumos empleados en este trabajo se los puede encontrar a precios accesibles en los centros de comercialización de agroinsumos. En la zona de intervención existe la disponibilidad de mano de obra con experiencia para realizar las labores en cultivos semejantes como el maíz, además una de las fortalezas importantes para la realización de este estudio es el empleo de equipos en el laboratorio de ciencias de la Espoch “Sede Orellana” pHmetro, Conductímetro (CE), permitiendo la obtención de datos reales para posteriormente realizar su análisis y resultados a la investigación en curso.

Bajo estas condiciones se ve la necesidad de aportar información en la provincia de Orellana a causa de que existe el desconocimiento de alternativas para acondicionar los suelos ácidos, por lo tanto, se pretende demostrar que la aplicación de reguladores de acidez a través del empleo de carbonato de calcio, hidróxido de calcio y silicato de calcio en diferentes dosis, es la forma más efectiva de enmendar problemas en suelos de pH bajo. Siendo esencial en el desarrollo de una agricultura rentable y respetuosa con el medio ambiente, mejorando la salud de los suelos y permitiendo el desarrollo de la producción sostenible con el establecimiento de alternativas innovadoras en pequeña, mediana y gran escala que permitan la generación de ingresos a la población económicamente activa de la parroquia Paraíso Amazónico, con lo mencionado anteriormente los acondicionadores de suelo y su interacción con el cultivo de girasol permitirán obtener hallazgos importantes debido a que este rubro no ha sido potencializado en la provincia de Orellana y al ser un cultivo relativamente nuevo va generando curiosidad y motivación para continuar con futuros estudios del comportamiento agronómico de la especie en mención.

1.2 Justificación

Según INTAGRI (2021), los reguladores de acides son sustancias alcalinas que se incorporan al suelo con el objetivo de reducir la acidez y aumentar la disponibilidad de nutrientes, especialmente calcio y magnesio. El correcto tratamiento con reguladores de acides en suelos tiene grandes ventajas, como reactivar la microbiana del suelo, incrementar el pH del suelo, mejorar su estructura, aumentar la capacidad de intercambio catiónico, aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha.

El girasol cultivado (*Helianthus annuus*) es una especie muy importante en el mundo por su alto contenido de aceite (rico en ácidos grasos insaturados) en su semilla, la cual se utiliza para la alimentación de aves e incluso para el consumo humano, el resto de la planta puede ser utilizado como forraje, y la flor se utiliza como ornamental. En teoría las recomendaciones para el establecimiento del cultivo son de altitud entre 0 a 1000 msnm se recomienda para altos rendimientos. Como la mayoría de cultivos, requiere un suelo bien drenado, con una profundidad de al menos 40 cm y un pH mayor a 6.5. El rango de temperatura oscila entre los 6 a 40 °C, con un óptimo de 26 °C (INTAGRI, 2021). En Orellana no se siembra a pesar de tener todas las condiciones favorables para su desarrollo, existen variedades e híbridos que se adaptan perfectamente a las condiciones climáticas del Oriente, por lo cual es posible su siembra.

Considerando la estructura social de la zona y sus componentes ambientales, la principal actividad económica de la parroquia Nuevo Paraíso perteneciente a la

provincia de Orellana es la agricultura, donde se puede apreciar que el 65% de la población (1210 personas) dedican su tiempo a la misma, la cual permite la obtención de cosecha de productos agrícolas como el café, cacao, malanga, maíz, yuca, palmito, palma y plátano verde GADMFO (2023).

Por tal motivo este trabajo de investigación está dirigido a los agricultores del sector para que diversifiquen sus cultivos con otras especies como el girasol, al mismo tiempo que tengan el conocimiento de como dosificar los reguladores de acidez en el suelo de forma correcta, brindándoles mayores oportunidades de producción, permitiendo información real y contribuyendo al sector y a una agricultura sostenible.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo General*

- Evaluar tres reguladores de acidez en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) para establecer recomendaciones agronómicas en la parroquia Nuevo Paraíso del cantón Francisco de Orellana.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar el tratamiento más eficiente para regular la acidez del suelo a través del análisis de pH al aplicar carbonato de calcio, hidróxido de calcio y silicato de calcio en diferentes dosis.
- Evaluar el vigor del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) mediante el análisis de características morfológicas al aplicar varios tratamientos que regulan la acidez del suelo.
- Determinar el contenido de calcio presente en el suelo de la parroquia Nuevo Paraíso, antes y después de aplicar los tratamientos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para Nazar (2015, p.71) en su investigación titulada “Efecto del encalado en el crecimiento de la valeriana pilosa r&p en Huanico, Cajamarca”, llegó a la conclusión que: La dosis de mayor influencia en el crecimiento de la valeriana lo obtuvo el tratamiento T4 con 4 tha-1 de óxido de calcio aplicado en el suelo. En el tratamiento T4, las plantas de la valeriana mostraron mejores resultados en las variables morfológicas tales como: altura de la planta (7.13 cm), número de hojas (6 unidades), longitud de raíces (9.95 cm) y materia seca (10.35 g), debido al efecto del encalado (óxido de calcio) que ha incrementado los nutrientes en el suelo para una mayor disponibilidad de absorción por las plantas. El encalado ha incrementado las propiedades químicas del suelo para los tratamientos T1, T2, T3 y T4, tales como: pH, potasio, fósforo, cationes cambiabiles (calcio y magnesio) y al mismo tiempo ha disminuido la acidez cambiabie de 66.06 a 6.32 % para el tratamiento T4.

Tasilla (2021, p.43), al realizar su investigación, “Variación de la reacción del suelo a la aplicación de cal de diferente granulometría en la Encañada – Cajamarca” indico que el tratamiento el T9 (200 g/m² de cal (Ca (OH)₂) con una granulometría < 0.3 mm) ha superado a los demás tratamientos después de 2 meses, alcanzando un pH de 6.79, situándose dentro del rango de un pH neutro de (6,6 a 7,3). En la medición de los tratamientos hubo alta significación en cada uno de los intervalos de tiempo, el T9 (200 g/m² de cal (Ca (OH)₂) con granulometría < 0.3 mm), subió el pH de 4.1 a 5.57 a los 15 días; 5.69 a los 30 días; 6.61 a los 45 días y 6.79 a los 60 días, superando al resto de tratamientos en cada medición.

2.2 Referencias Teóricas

2.2.1 *Cultivo de girasol*

El girasol es una planta oleaginosa que juega un papel importante en la nutrición humana. También es una planta forrajera que produce aceite para el consumo humano. Es un cultivo con un crecimiento anual promedio relativamente estable en los últimos años, es una de las alternativas económicas de América del Sur y de Europa, cuya importancia está relacionada

con la excelente calidad del aceite comestible que se obtiene de las semillas, que es rico en ácidos grasos insaturados linoleico y oleico (Loor, 2021, p.27).

2.2.2 Generalidades y origen

Teniendo en cuenta a Carrillo (2020, p.3), el girasol pertenece a la familia de las asteráceas (tabla 1), es una planta anual que se originó en el año 3000 a.C. en EE.UU y México, cuya importancia radica en sus diversas características botánicas. La flor se caracteriza por sus colores y forma; entre otros usos está la alimentación del ganado por la fibra de los tallos. Siendo una especie que se adapta fácilmente a diferentes tipos de suelo y clima, por lo que es un cultivo rentable tanto para exportación como para el mercado interno. Los girasoles se adaptan a altitudes entre 0 y 1000 msnm y requieren entre 600 y 1.000 mm de agua dependiendo de la duración

Tabla 2- 1: Clasificación taxonómica del girasol

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	Helianthus
Nombre científico	<i>Helianthus annuus L.</i>

Fuente: Carrillo, 2020, p.3.

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

2.2.3 Descripción botánica

El girasol (*Helianthus annuus*), es una planta anual con gran variabilidad en su forma silvestre y cultivada, cuyas características morfológicas se presentan a continuación (Cabrera De Los Santos, 2019, pp 14 – 16).

Tabla 2- 2: Descripción botánica del girasol

Parte de la planta	Descripción
Raíz	Está compuesta por una raíz principal pivotante, sobre esta se desarrollan otras raíces de primer y segundo orden, la raíz principal se extiende (dependiendo de la húmedas y condiciones físicas del suelo) hasta una profundidad de 4 metros.
Tallo	La parte exterior del tallo es rugosa, asurcada y vellosa; excepto en su base. Es de consistencia semileñosa y con un hueco en su interior, es cilíndrico y con un diámetro de 2 a 6 cm y una altura hasta el capítulo de 0.4 a 2 m. Cuando está maduro el tallo se dobla en la parte terminal debido al peso de la inflorescencia.
Hojas	Son alternas, trinervadas, acuminadas, pecioladas, dentadas, con presencia de vellosidad en el haz y en el envés. Con bordes aserrados y el ápice acuminado. Las hojas miden de 4 a 20 cm de ancho de 7 a 20 cm de largo.
Inflorescencia	Es una cabezuela rodeada de un grupo de brácteas verdes, Flores periféricas unisexuales pistiladas, corola ligulada de color naranja o amarillo que miden de 3 a 6 cm de largo. Las flores del disco son bisexuales con corolas tubulares de 8 mm de largo y de color amarillo. Dependiendo de la temperatura y variedad la flor puede durar de 7 a 10 días.
Semillas	Las semillas varían de 4 a 13 mm de ancho y de 7 a 25 mm de largo. Pueden ser lineales, ovals o casi redondos, consisten en un aquenio, a menudo se adhiere el pericarpio, usualmente llamado cáscara.

Fuente: Cabrera De Los Santos, 2019, pp.14–16.

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

2.3 Manejo del cultivo

2.3.1 Preparación del terreno

Tenesaca (2020, pp.18-19), expresa que los girasoles (*Helianthus annuus*) son un cultivo un tanto rústico que requiere un suelo profundo, fértil y bien drenado para su desarrollo y rendir mejor. A la hora de preparar la tierra para la siembra se debe tener en cuenta su humedad, ya que si se prepara con mucha humedad quedan terrones grandes que pueden causar problemas en la uniformidad de la germinación de las plántulas. En suelos tratados, se recomienda arar profundamente a 25-30 cm (teniendo en cuenta la textura del suelo), luego dos o tres pasadas de

rastra para deshacer los terrones y finalmente una vuelta de siembra. Estas labores deben iniciarse 40 días antes de la siembra para descomponer malezas o residuos de la cosecha anterior.

2.3.2 Siembra

El tiempo de siembra es variable, dependiendo de las características climáticas de cada región, sea a campo abierto o bajo invernadero. Los sistemas de siembra de primavera e invierno se caracterizan por el potencial termohídricas del desarrollo del cultivo de girasol. La germinación de la semilla de girasol depende de la temperatura y humedad del suelo, con una temperatura diaria promedio de 5°C. La profundidad de siembra depende de la temperatura, la humedad y el tipo de suelo (Gutierrez, 2019).

2.3.3 Densidad de siembra

La densidad de siembra consta de dos elementos:

- Distancia entre surcos.
- Distancia entre plantas dentro del surco.

Se ha comprobado que la distancia ideal entre hileras es de 50-60 cm, un espacio más amplio provoca más competencia entre las plantas del mismo surco al estar muy cercanas, por lo que las plantas reciben menos luz y facilita la nascencia de malezas que competirán con el cultivo porque se tiene más espacio (Gonzales, 2020).

2.3.4 Riego

Es una planta que utiliza el agua de manera más eficiente en condiciones de escasez. Sus raíces extraen agua del suelo a una profundidad que otras especies no pueden alcanzar. Los girasoles adaptan bien su follaje a la disponibilidad de agua en su entorno. Si se realiza un arado de subsuelo profundo, se favorece la infiltración del agua, el drenaje y la aireación del suelo y mejora considerablemente el efecto del riego. Hasta unos diez días después de la aparición del capítulo se necesita muy poca agua, unos 50-60 litros por metro cuadrado. A partir de este momento, la necesidad de agua aumenta notablemente y se mantiene durante unos 25-30 días después de la floración, dando otro riego de 60-80 litros diarios por metro cuadrado en plena floración (Gutierrez, 2019).

2.3.5 Fertilización

Las necesidades nutricionales del girasol para producir 1.200 kg de semilla se requieren de 150 kg/ha de nitrógeno (N), de 200 kg/ha de óxido de fosforo (P₂O₅), de 150 kg/ha de óxido de potasio y 6% de materia orgánica (MO), se aplican en sementera para equilibrar el contenido del suelo en elementos nutritivos: principales, secundarios y micronutrientes. De acuerdo con los contenidos en el suelo, considerando las necesidades del cultivo y el rendimiento que se espera conseguir, se aplicará la formulación en dosis y frecuencias previamente establecidas para garantizar el rendimiento adecuado (Fertiberia, 2023).

2.3.6 Plagas y enfermedades

Tenesaca (2020, pp. 21-22) señala que las siguientes plagas y enfermedades que atacan al girasol (*Helianthus annuus*) son:

Tabla 2- 3: Plagas del cultivo de girasol

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Picudo del Tallo	<i>Rhynchites mexicanus</i>
Polilla del Girasol	<i>Homoeosoma nebulella</i>
Araña Roja	<i>Tetranychus talarius</i>
Gorgojo de las Hojas	<i>Tanymecus polliatus</i>
Gusano Alambre	<i>Agriotes lineatus</i>
Gusanos Grises	<i>Agriotes sp</i>
Gusanos Blancos	<i>Melolontha melolonta</i>
Mosca Blanca	<i>Trialeurodes sp</i>
Grillo de Campo	<i>Acheta assimilis</i>
Pájaros	
Ratas de campo	<i>Apodemus sylvaticus</i>

Fuente: Tenesaca, 2020, pp. 21-22.

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

Las enfermedades más importantes del girasol (*Helianthus annuus*) son:

Tabla 2- 4: Enfermedades del cultivo de girasol

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Botrytis	<i>Botrytis cinerea</i>
Mildiú	<i>helianthi</i>
Alternaria	<i>Alternaria helianthi</i>
Roya	<i>Puccinia helianthi</i>
Manchado de las Hojas	<i>Septoria helianthi</i>
Podredumbre Blanca	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>

Fuente: Tenesaca, 2020, pp. 21-22.

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

2.4 Requerimientos climáticos y edáfico

Como expresa Carmigniani (2019, p.10-11), los girasoles son plantas que necesitan al menos 5°C, durante 24 horas para germinar. Cuanto mayor sea la temperatura, más rápida será la germinación. Una vez germinada tolera un amplio rango de temperaturas desde los 25-30°C hasta los 13-17°C. En la etapa reproductiva, la intensidad y la calidad de la luz comienzan a ser importantes, por lo que la sombra en plántulas jóvenes produce tallos alargados y una superficie foliar reducida. Los girasoles pertenecen a las plantas con metabolismo C3 y son plantas amantes de la luz.

Desde la germinación hasta la formación del capítulo las plantas consumen alrededor de una quinta parte de su agua total, utilizando el agua disponible en el suelo a 0,60 cm de profundidad. Las plantas consumen casi la mitad de la cantidad total de agua requerida a una profundidad de 60-120 cm desde la formación del capítulo hasta el final de la floración (Carmigniani, 2019, p.12). El suelo requiere una profundidad de al menos 25-35 cm para un óptimo desarrollo, los girasoles prosperan en una variedad de tipos de suelo, pero prefieren suelos francos- arenosos, necesitan un suelo bien drenado con un pH óptimo para un rendimiento satisfactorio que está entre 6,5 y 8 (Corral et al., 2013).

2.4.1 Acidez del suelo

La acidez del suelo es un proceso espontáneo que ocurre durante la pedogénesis. En diferentes partes del mundo, la acidificación del suelo limita la producción agrícola. El bajo contenido de bases intercambiables, en particular el calcio, y la toxicidad de aluminio, perjudica

el crecimiento de las raíces y la asimilación de nutrientes y agua, lo que da por resultados bajos rendimientos (Tasilla, 2021, p.5).

Según Calva (2016, p.3), los procesos de acidificación del suelo se manifiestan de diferentes formas:

- Disminuye el pH del suelo.
- Disminuye el porcentaje de saturación de bases (SB) en el complejo de intercambio.
- Desequilibrio de nutrientes cerca de la raíz.
- Reduce la capacidad de neutralizar los ácidos en el entorno del suelo.

2.4.2 Efectos de la acidez sobre el crecimiento vegetal

A medida que cambia la acidez del suelo, muchos factores ambientales cambian al mismo tiempo. Diferentes variaciones afectan directamente el crecimiento de las plantas. Una acidez demasiado alta reduce el rendimiento y aumenta la necesidad de fertilizante. Las causas de la alta acidez son:

- El Al, Mn y Fe son más solubles en el suelo y pueden lograr un nivel de toxicidad en las plantas.
- Mejor fijación y menor consumo de fósforo, principalmente por la alta cantidad de aluminio soluble.
- Empobrecimiento del suelo en potasio, magnesio, calcio y sodio.
- Poca o ninguna actividad microbiana durante la descomposición de materia orgánica, y proceso como la nitrificación, fijación de nitrógeno.
- Propagación de malezas resistentes a la acidez del suelo.

2.4.3 pH

La acidez se expresa en términos de pH, que es la abreviatura de potencial de iones de hidrógeno. Se mide en una escala de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro, mayor es básico y bajo es ácido como se muestra en la ilustración 2-1. Se han propuesto dos teorías para explicar el efecto del pH, la primera es que los iones H^+ reducen la absorción de cationes debido al proceso competitivo de la teoría del transportador de absorción de iones, los cationes pueden intercambiarse por cationes H^+ en la solución externa, por lo que cuanto mayor sea el catión. en la solución externa. En la segunda teoría, los iones H^+ perjudican el mecanismo de absorción selectiva. Ahora está claro que las dos teorías se complementan (Medina, 2019, p.31).

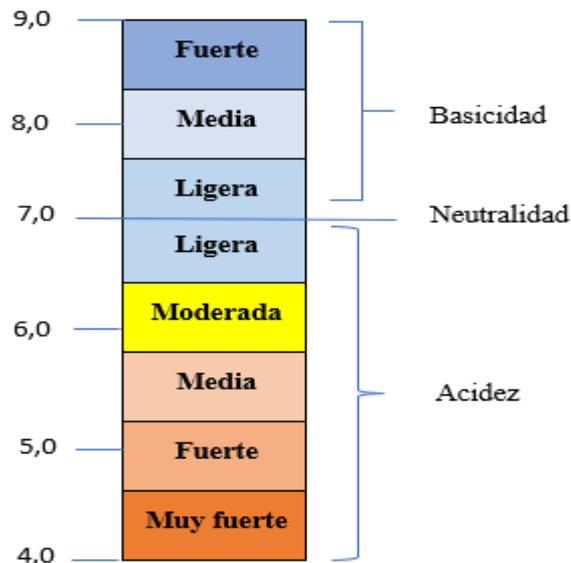


Ilustración 2-1: Escala de pH

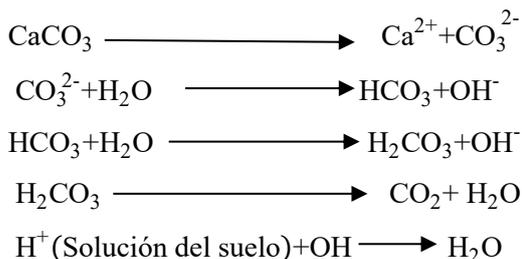
Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

2.5 Proceso de regulación de acidez o encalado

El encalado consiste en aplicar una sustancia alcalina (reguladores calcáreos) al suelo para neutralizar la acidez. Los productos utilizados son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a las diferentes propiedades químicas, los productos encalantes tienen una capacidad de neutralización variable. Agregar cal significa agregar algo de calcio o compuestos de calcio y magnesio al suelo con acidez reducida, y la cal adecuada se refiere solo al óxido de calcio (Tasilla, 2021, p.11).

2.5.1 Reacciones de la cal en el suelo

La neutralización del material calcáreo no puede atribuirse directamente al Ca que surge de la disolución del CaCO_3 , ya que este inicia el punto de intercambio correcto en la superficie del coloide del suelo y servirá como nutriente para la planta, sino más bien a las bases químicas a la cual están ligados el CaCO_3 , OH^- y SiO_3 . Las reacciones básicas se pueden ilustrar con el siguiente ejemplo del CaCO_3 que se muestra a continuación.



Los OH producidos por los hidróxidos, silicatos y carbonatos son los que neutralizan la acidez del suelo a través de la neutralización del H^+ y la formación de H_2O . Mientras este el H^+ en la solución de suelo el Ca^{++} , CO_3^{2-} , HCO_3^- y H_2CO_3 seguirán apareciendo en la solución. Así, el pH aumenta debido a la disminución de la concentración de H^+ en el suelo. De hecho, el CO_3^{2-} eleva el pH a través de la hidrólisis y la formación de iones OH^- , que desaparecen como CO_2 tras la reacción de hidrólisis. Por lo tanto, el efecto de la cal se limita al sitio de aplicación, es decir, la aplicación superficial no afecta el pH de capas inferiores, ya que la cal no migra a través del perfil del suelo, lo cual es un aspecto muy importante en el manejo de la cal, el encalado tiene como efecto final la reducción de acidez del suelo (aumento del pH) al convertir el exceso de H^+ en H_2O (Calva, 2016, p.9-10).

2.5.2 Fuentes de encalado

Hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$)

Es conocido como cal hidratada o cal apagada. Es una sustancia pulverulenta blanca, difícil de manipular y desagradable. Formado por hidratación de cal viva. El material también reacciona rápidamente en el suelo. Se llama "cal apagada" y se obtiene hidratando la cal viva. Suele tener un contenido de óxido de calcio (CaO) del 95%. Reacciona un poco más lento que la cal viva, pero mucho más rápido que la caliza (Tasilla, 2021, p.12).

Carbonato de calcio ($CaCO_3$)

Este material se le nombra "caliza" y tiene un equivalente de óxido de calcio (CaO) de 24% y 38%. Se adquiere de las piedras calizas de la que forma parte del 60% y 96%. Los productos empaquetados pueden contener un cierto grado de impurezas como arena, limo y arcilla (Tasilla, 2021, p.12).

Silicato de calcio (Ca_2O_4Si)

Es un polvo blanco de flujo libre que se puede obtener de la piedra caliza natural y la tierra de diatomeas (roca sedimentaria silíceas).

2.5.3 Dosis de cal

Desde el punto de vista de Henao (2019, p.44), el requerimiento de reguladores de acidez depende tanto de las propiedades del suelo como los requerimientos del cultivo. Dosis muy bajas de correctores de pH, no reducen la acidez del suelo de forma cuantificable. Por esta razón, la cantidad de cal a aplicarse depende del tipo de suelo, el pH, el contenido de Al³⁺, la concentración crítica de nutrientes como Ca y Mg y el tipo de cultivo. Por otra parte, Calva (2016, p.14-15) menciona que para determinar las necesidades de cal se deben antes conocer cuatro factores: tolerancia de la planta a la acidez, nivel de pH del suelo, concentración del producto encalante a utilizar y su forma de aplicación. El pH es un indicador de la acidez del suelo, sin embargo, este parámetro no determina el requerimiento o cantidad de reguladores de suelo (cal) necesaria para controlar la acidez presente en el suelo. Como se ha mencionado anteriormente, los suelos de Ecuador son de carga permanente o carga variable dependiendo de su localización geográfica. El incremento de pH logrado con el encalado no aumenta la CIC (suelos de carga permanente). El desarrollo de las recomendaciones de encalado para suelos tropicales rojos es diferente, en su mayoría tienen pH de 5.0 a 5.3. Por otra parte, se puede predecir los requerimientos de cal para la mayoría de los suelos tropicales aplicando la siguiente ecuación: $(\text{CaCO}_3) (\text{t ha}^{-1}) = \text{Factor} \times \text{cmol Al}^{3+} \text{ kg de suelo}^{-1}$. El factor puede ser 1.5 o 2.0 dependiendo del tipo de suelo y las características del cultivo. El objetivo de este método de cálculo es el utilizar solo la cal necesaria para neutralizar el Al³⁺ y eliminar su efecto tóxico.

2.5.4 Duración del efecto de la cal

Los agricultores esperan que las enmiendas encalantes tenga un perceptible efecto residual, no obstante, éste depende de la precipitación, relieve, tipo de cultivo, tipo de suelo y requerimientos del cultivo, entre otras. La mejor forma de decidir cuándo es necesario encalar de nuevo es monitorizando el pH del suelo y especialmente el contenido de Al³⁺. Por otra parte, se conoce que los efectos residuales del encalado por lo común duran menos en las regiones tropicales que en las templadas, a causa de mayores precipitaciones y de las altas temperaturas (Calva, 2016, p.16).

2.6 Cultivo de girasol en Ecuador

En Ecuador, el girasol tiene una producción 224 toneladas de semillas, dado que se cultiva a pequeña escala, principalmente en la provincia de Los Ríos, con hectáreas sembradas en los

cantones de Ventanas, Quevedo y Babahoyo; pese a que Ecuador tiene condiciones agroecológicas adecuadas para su cultivo, no se produce a gran escala Llor (2021, p.19), manifiesta que la empresa ambateña Valialbe Cia Ltd. actualmente se importan 40 toneladas de semillas de girasol de USA para la producción de pipas, el país importa aceite crudo para la elaboración de aceite de girasol de países como Bolivia, Argentina y Perú, luego es refinado en el país para por ultimo ser distribuido en el mercado nacional, esto debido a la falta de materia prima debido a que uno de los principales problemas es la falta de variedades o híbridos de girasol de alto rendimiento.

2.7 Cultivo de girasol en el mundo

Se estima que el mercado mundial de girasol, el 92% se produce en el hemisferio norte, mientras que Argentina es el único productor mundial en el hemisferio sur, produciendo 7 toneladas de cada 10 toneladas cosechadas. Animada por el aumento de los precios y del aceite de girasol, la plantación de grandes áreas en la primavera septentrional (abril – junio) del año ya ha anunciado una gran cosecha para (2021-2022). Oil World actualmente estima la producción mundial en 57,7 millones de toneladas, un 14% más que en 2020/21. resultado del año y es un récord absoluto. Si además se tienen en cuenta los stocks iniciales, el suministro total de la operación actual será de 60,2 t, 6,5 t más que en (2020 – 2021). Por otro lado, también se espera que aumente la demanda de oleaginosas, con una demanda total que alcance las 56,4 toneladas métricas (5,3 toneladas más que la temporada anterior), también un máximo histórico. Se espera que el crecimiento de la oferta supere el crecimiento de la demanda, con un aumento de las existencias finales de girasol a 3,8 toneladas métricas al final del año comercial.

Tabla 2- 5: Aceite de girasol: Hoja de balance mundial

	2020 - 2021	2021 – 2022
<i>Stock inicial</i>	6,2	5,7
Producción	18,9	21,8
Ucrania	5,6	7,2
Rusia	5,3	6,0
UE-27	3,3	3,9
Argentina	1,3	1,2
Oferta total	25,1	27,6
<i>Importaciones</i>	<i>11,3</i>	<i>13,6</i>
UE-27	1,7	2,4
India	2,0	2,4
China	1,6	1,9
Turquía	0,4	0,6
<i>Exportaciones</i>	<i>11,3</i>	<i>13,6</i>
Ucrania	5,3	6,7
Rusia	3,2	3,8
Argentina	0,8	0,7
Turquía	0,5	0,6
Consumo total	19,5	21,3
Stock final	5,7	6,2
Stock/Consumo	29,2%	29,3%

Fuente: Bergero, 2022

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

Desde el punto de vista de MAYA (2022), Los altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados (ácidos linoleico y linolénico) son beneficiosos para la salud cardiovascular al reducir el riesgo de un infarto y alto niveles de colesterol, lo que puede reducir los problemas circulatorios. También tiene altos niveles de vitamina E, un antioxidante que puede proteger contra el asma, la artritis, la gota y el cáncer de colon, entre otras cosas. Además, cabe señalar que el aceite de girasol protege a las células frente a varios tipos de cáncer.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del área de investigación

El Trabajo Experimental se llevó a cabo en los predios de la empresa Indutecse Cia. Ltda, parroquia Nuevo Paraíso localizada en el km 7 ½ vía Coca - Lago Agrio, ubicado en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, Ecuador. El sitio de estudio tiene una altitud de 270 m.s.n.m y sus condiciones climáticas son: precipitaciones con una media anual promedio de 3.000 mm, temperaturas promedio de 27° C y una humedad relativa de 81%.

Cabecera Parroquial: Unión Chimborazo

Superficie: 302,28 Km².

Ubicación: Geográficamente la parroquia Nuevo Paraíso se encuentra entre las coordenadas de latitud sur 0°15'18,06'' y 0°22'2,29'', y entre 75°24'59,22'' y 77°5'36,63'' de longitud oeste.

Límites: La parroquia Nuevo Paraíso tiene los límites territoriales siguientes:

Norte: Parroquia San José de Guayusa

Sur: Parroquia San Luis de Armenia, Parroquia Urbana Puerto Francisco de Orellana.

Este: Parroquia San Sebastián del Coca, Parroquia Urbana Puerto Francisco de Orellana

Oeste: Parroquia San Luis de Armenia y Cantón El Chaco (Provincia de Napo)

Ubicación: Geográficamente el terreno se encuentra entre las coordenadas de latitud 0°23' 44"S, longitud 76°59'47"W y de altitud 270 m.s.n.m

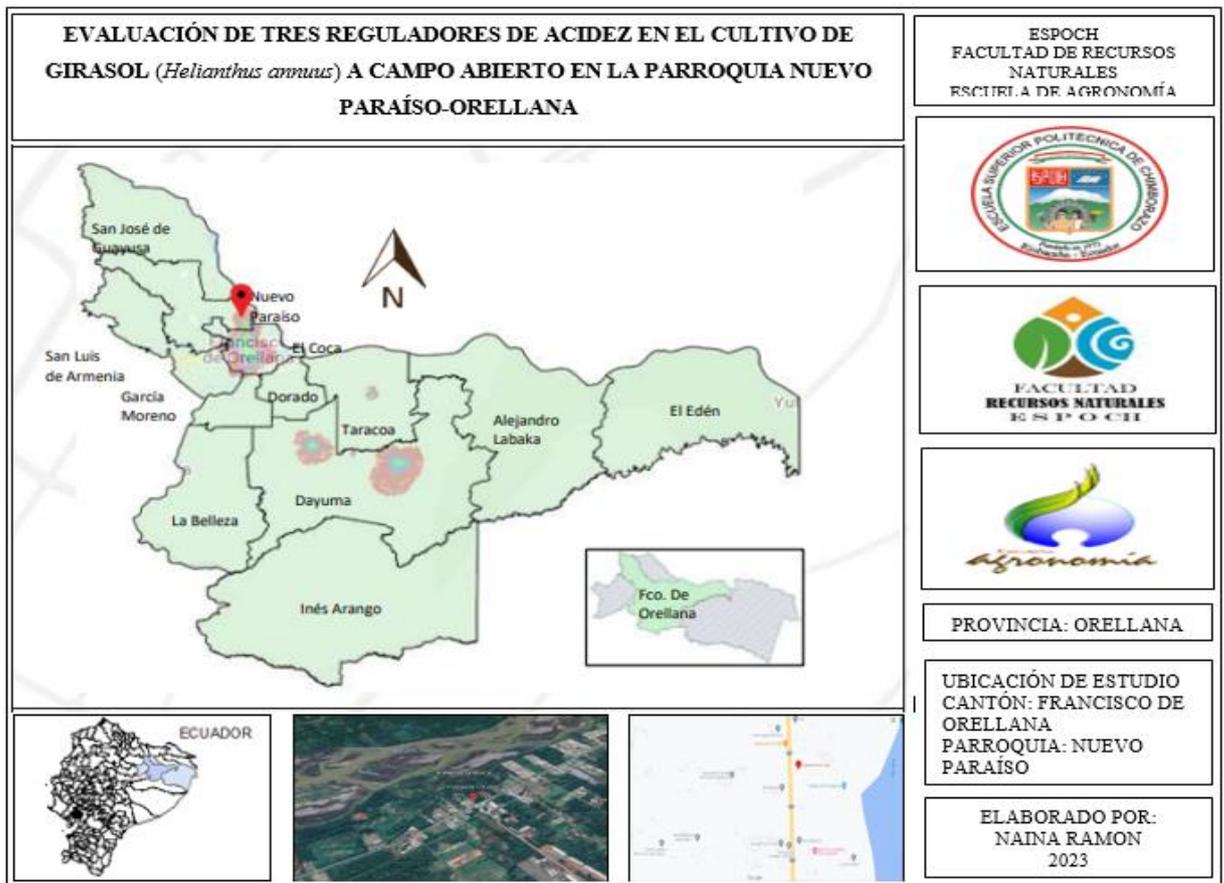


Ilustración 3- 1: Mapa de ubicación del trabajo experimental

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

3.1.1 Descripción del experimento

Esta investigación se realizó en un área total de 325 m² de terreno, el área útil del experimento fue de 162 m², posteriormente se fracciono a 18 parcelas en las cuales se sembró 48 semillas de Daytona por parcela las cuales nos dieron un número total de 864 plantas, las parcelas fueron limitadas con estacas, cada una con un área de 9 m², dentro de ella se ubicaron cuatro hileras por unidad experimental, la distancia entre unidades experimentales fue de 1m. Para el establecimiento del ensayo se procedió a la recolección de las muestras del suelo, seguidamente se acudió al laboratorio de suelo en el Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP). A los 25 días se obtuvieron los resultados en los que se evidenció que existe un pH medianamente ácido además la disponibilidad de algunos nutrientes, de igual manera se conoció el requerimiento del cultivo para elegir la fuente más adecuada de fertilizante para lograr el mejor vigor.

La adquisición de los reguladores de acidez como: hidróxido de calcio, carbonato de calcio y silicato de calcio se efectuaron en un centro de agroinsumos, cuyas presentaciones fueron solidas

con un peso de 45 kilos, en el caso del silicato de calcio se lo adquirió como un granulado soluble. Los materiales antes mencionados son una alternativa para corregir el pH de los suelos y permitir la disponibilidad de la mayoría de nutrientes a los cultivos. La recomendación del empleo de hidróxido de calcio es variada de 100-1000kg/ha según el tipo de suelo, por lo mencionado se estableció las dosis de 200 y 400 g/m² para la presente investigación, luego de conocer la lectura de pH se procedió a espolvorear los reguladores de acidez uniformizando 1m² en cada unidad experimental; se trabajó con 6 tratamiento 3 repeticiones por cada tratamiento, el número total de unidades experimentales fue de 18 parcelas.

El método de evaluación de pH y CE consistió en la recolección de muestras cada 15 días y conducidas al laboratorio de ciencias de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo “Sede Orellana”, en donde se dio el tratamiento correspondiente.

3.2 Manejo específico del experimento

Determinación de la concentración de calcio en el suelo. Para determinar el contenido de calcio en el suelo se realizó un análisis previo en el cual se identificó el contenido de calcio presente antes y después de aplicar los reguladores de acidez. Para aquello se tomó una muestra de suelo para su análisis físico químico en el laboratorio de suelo en el Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con esto se estableció el contenido de nutrientes, conductividad eléctrica, pH, textura y relaciones catiónicas.

Preparación del suelo

Identificando la presencia de malezas se realizó la aplicación de glifosato 20 días antes de la remoción del suelo con una dosis de 1 ml para 5 litros de agua, cuyo producto actúa contra malezas de hoja ancha y angosta como el coquillo, kikuyo y otras.

Se procedió a realizar la tumba y la limpieza del terreno recogiendo pedazos de madera, rastrojos etc. La remoción del suelo se lo hizo con un azadón a una profundidad de 25 cm, en lo posterior se empleó un rastrillo nivelando y dejando el suelo mullido.

Desinfección de las semillas

Para 1 ½ kg de semilla de girasol (*Helianthus annuus*) se colocaron en un recipiente plástico en una solución de 10 litro de agua que contenía fungicida sistémico Carboxin + Captan (Vitavax) a una dosis de 100 g x 100 kg de semilla según indicaba la ficha técnica del producto.

Siembra

La siembra de las parcelas se la realizó manualmente el 17 de abril del 2023 se colocó una semilla por golpe, la cual cada hilera consta de 12 semillas y cada parcela consta de 48 semillas a una distancia entre surco de 1m y entre planta de 0.25m.

Fertilización

He tomado en consideración los nutrientes primarios porque generalmente son los primeros en carecer en el suelo debido a que las plantas los utilizan en cantidades relativamente grandes (PPI, 1988, p.7).

Tabla 3- 1: Requerimientos del girasol

Requerimiento	Dosis	Análisis de suelo	Interpretación	Fertilizante utilizado 10-30-10
Nitrógeno (N)	150 kg/ha	49.8 ppm (134.46 kg/ha)	15.54 kg/ha	2.94 kg
P ₂ O ₅	70 kg/ha	10.2 ppm (27.54 kg/ha)	42.46 kg/ha	8.02 kg
Potasio (K)	35 kg/ha	0.19 ppm (0.513 kg/ha)	34.48 kg/ha	6.51 kg

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

La fertilización se la empleó de manera uniforme en todo el ensayo, la cual se efectuó de manera edáfica en la cual se realizó en 3 aplicaciones, para la fertilización inicial de base a la segunda y cuarta semana se empleó 10-30-10, 15 g/planta al contorno del tallo, a la octava semana se empleó Yaramila unik 16, 20 g/planta, las aplicaciones edáficas no se complementó con materia orgánica ya que el área del experimento tiene un nivel adecuado de (M.O).

Para el caso de la fertilización foliar se aplicó evergreen 10cc/10 l de H₂O en la semana quinta y multiraíces un fertilizante mineral compuesto por fosforo (P₂O₅) 10cc/1 l de H₂O en la semana séptima, para corregir las deficiencias nutricionales principalmente en lo que se refiere a la indisponibilidad de fosforo.

Control de malezas

El control de malezas se lo realizó de acuerdo a la incidencia que tuvo el cultivo. Los controles químicos se realizaron antes de la siembra con glifosato 10cc/20 l de H₂O cuyo producto actúa

contra malezas de hoja ancha y angosta como el coquillo, kikuyo y otras, después de la siembra se procedió a realizar de forma manual.

Control de enfermedades y plagas

En los monitoreos se identificaron coleópteros y minadores de la hoja, y se procedió a la adquisición de ingredientes activos como cypermetrina con dosis de 1cc/l H₂O y methomyl lo cual actúa por contacto y por ingestión con una dosis de 1g/l de H₂O los cuales permitieron mantener el umbral económico en el cultivo

3.3 Materiales y métodos

La orientación de esta investigación fue de carácter experimental, donde se aplicaron métodos cuantitativo, discreto y continuo, se aplicó variables dependientes e independientes que inició con la fase de recolección y análisis de datos. Como material genético de siembra se empleó la variedad de girasol (*Helianthus annuus*) Daytona, con el empleo de una bomba de mochila con la capacidad de 20 litros se aplicó insecticidas a las dos semanas después de la siembra cypermetrina con una dosis de 1cc/l H₂O el actúa por ingestión y contacto controlando minadores y taladores, a la cuarta y sexta semana se aplico methomyl con una dosis de 1g/l H₂O que controla larvas de lepidópteros de diferentes estados móviles de una manera efectiva. Para la fertilización edáfica inicial de base a la segunda y cuarta semana se empleó 10-30-10, 20 g/planta al contorno del tallo, a octava semana se empleó Yaramila unik 16, 25 g/planta, para la fertilización foliar se aplicó evergreen 10cc/10 l de H₂O en la quinta semana y un fertilizante mineral compuesto por fosforo (P₂O₅) 10cc/1 l de H₂O en la séptima semana. Para su respectiva medida se utilizó una balanza digital gramera de 5 kilogramos marca Camry modelo EK9150-S10. Los materiales utilizados para medir las variables de la investigación fueron: contar el número de hojas para eso se consideró a los 30 días desde la siembra, la altura de la planta fue medida con una cinta métrica en unidades de cm desde la base del suelo hasta la yema terminal de la planta, el diámetro del tallo se lo midió con un calibrador manual de plástico modelo “BestValue” en unidades de cm, para medir el pH de cada muestra se utilizó un potenciómetro de laboratorio marca “OAKTON” serie pH2700 y para analizar la Conductividad eléctrica (CE) se utilizó un conductímetro marca “Boeco” serie CT-676.

3.3.1 Variables evaluadas

Las variables fueron tomadas a los 15 días después de la aplicación de los reguladores de acidez: hidróxido de calcio, carbonato de calcio y silicato de calcio en dosis de 200 g/m² y 400 g/m². Los datos se registraron en 3 ocasiones a los 30, 45 y 60 días después de la siembra.

Determinación del pH. El pH de las muestras se determinó por medio del potenciómetro de laboratorio marca “Oakton” serie pH2700, en una suspensión de 20 ml de agua destilada y 20 g de suelo. Se colocaron 20 ml de agua destilada y 20 g de suelo en un vaso de plástico de 100 ml y se mezcló por 5 min cada muestra con una varilla de agitación y se dejó reposar durante 30 minutos para que se homogenicen todas las partículas de suelo con el agua. Luego de este tiempo se puso en contacto esta mezcla con un electrodo de vidrio y otro de referencia conectados al potenciómetro que mide el potencial eléctrico y transforma los datos a concentración de iones de hidrogeno en la escala calibrada del aparato. Hay que tomar en cuenta que el potenciómetro se calibró con soluciones tampón de pH conocido.

Determinación de Conductividad eléctrica (CE). La CE, se midió con un conductímetro marca “Boeco” serie CT-676, se colocaron 20 ml de agua destilada y 20 g de suelo en un vaso de plástico de 100 ml y se mezcló por 5 min cada muestra con una varilla de agitación y se dejó reposar durante 30 minutos para que se homogenicen todas las partículas de suelo con el agua. Luego de este tiempo se puso en contacto esta mezcla con un electrodo de vidrio al conductímetro que mide la conductividad eléctrica en unidades de microsiemens (μ S).

Altura de la planta. La altura de la planta se la determinó a los 15 días de haber aplicado los reguladores de acidez con una cinta métrica expresado en cm, desde la base del suelo hasta la yema terminal de las 6 plantas seleccionadas al azar en estudio.

Díámetro del tallo. Se midió con un calibrador manual de plástico marca “BestValue” expresado en cm, tomando en cuenta como punto de medición 10 cm sobre la base del cuello del tallo

Número de hojas. El conteo del número de hojas se lo realizó a los 30, 45 y 60 días después de la siembra con las 6 plantas seleccionadas al azar en estudio.

3.4 Diseño experimental y análisis estadístico:

A continuación, se demuestra el diseño del trabajo experimental con sus respectivas medidas, donde tenemos 18 parcelas y cada una consta de 48 plantas.

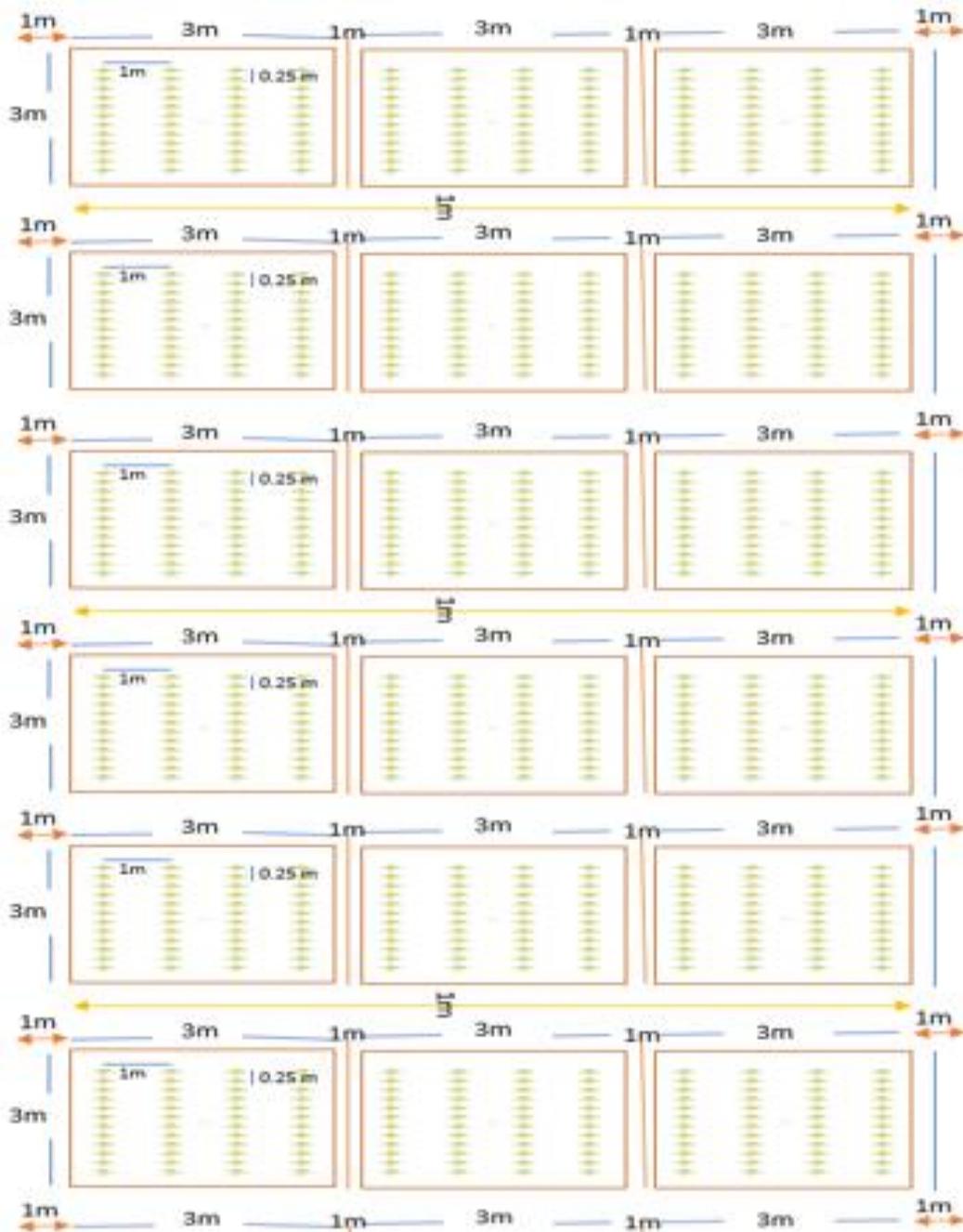


Ilustración 3- 2: Diseño de las parcelas
Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

Análisis estadístico

Para este experimento se utilizará un arreglo factorial A x B, donde el factor A (regulador de acidez) tiene 3 niveles (hidróxido de calcio, carbonato de calcio y silicato de calcio) y el factor B (dosis de regulador) tiene 2 niveles (200 g/m² y 400 g/m²). Los niveles de los factores anteriores se combinan y se obtiene 6 tratamientos.

Por lo tanto, en total se evaluarán 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Para ello se utilizarán 18 parcelas a las que se asignarán los tratamientos de manera aleatoria. El análisis de varianza se realizará con el programa InfoStat a un nivel de confianza del 95 %. En caso de que se rechace la hipótesis nula de igualdad de medias, se realizará una prueba de comparación múltiple de Tukey.

Tabla 3- 2: Variables dependientes e independientes

Variables	Independientes	Variables dependientes
Factor A	Hidróxido de calcio	pH
	Carbonato de calcio	Conductividad eléctrica
	Silicato de calcio	Altura de planta
Factor B	200 g/m ²	Diámetro del tallo
	400 g/m ²	Número de hojas

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

Tabla 3- 3: Tratamientos

Tratamientos	Regulador de acidez	Dosis
T1	Hidróxido de calcio	200 g/m ²
T2	Hidróxido de calcio	400 g/m ²
T3	Carbonato de calcio	200 g/m ²
T4	Carbonato de calcio	400 g/m ²
T5	Silicato de calcio	200 g/m ²
T6	Silicato de calcio	400 g/m ²

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentarán en 3 acápites que responden a los objetivos específicos planteados inicialmente. El primero corresponde a la determinación del tratamiento más eficiente para regular la acidez del suelo a través del análisis de pH al aplicar carbonato de calcio, hidróxido de calcio y silicato de calcio en diferentes dosis, el segundo que corresponde a evaluar el vigor del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) mediante el análisis de características morfológicas al aplicar varios tratamientos que regulan la acidez del suelo y el tercero que es determinar el contenido de calcio presente en el suelo de la parroquia Nuevo Paraíso, antes y después de aplicar los tratamientos. En la tabla 4-1 se presentan los valores de las medias de todas las variables del experimento. Se debe tomar en cuenta que las medias de los tratamientos que tienen la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey; en cambio, las medias que tienen letras distintas son significativamente diferentes.

Tabla 4-1: Tabla resumen de las variables

Día de evaluación	Tratamientos	Número_hojas	Altura_planta	Diámetro_tallo	pH	CE (µS)
15	T1 (Ca (OH) ₂) (200g/m ²)	15,61 ± 0,58 AB	32,28 ± 0,39 A	0,69 ± 0,05 A	6,02 ± 0,15 A	54,32 ± 26,50 A
	T2 (Ca (OH) ₂) (400g/m ²)	17,56 ± 0,89 B	31,92 ± 1,49 A	0,92 ± 0,05 A	6,33 ± 0,08 A	1486,30 ± 1382,06 A
	T3 (CaCO ₃) (200g/m ²)	15,50 ± 0,12 AB	33,06 ± 0,60 A	0,71 ± 0,05 A	6,16 ± 0,16 A	936,37 ± 713,29 A
	T4 (CaCO ₃) (400g/m ²)	15,83 ± 0,40 AB	31,50 ± 0,45 A	0,71 ± 0,05 A	6,06 ± 0,05 A	658,33 ± 98,50 A
	T5 (Ca ₂ O ₄ Si) (200g/m ²)	15,00 ± 0,59 A	31,36 ± 0,93 A	0,86 ± 0,06 A	6,15 ± 0,05 A	1332,14 ± 1139,24 A
	T6 (Ca ₂ O ₄ Si) (400g/m ²)	13,94 ± 0,63 A	34,11 ± 1,05 A	0,84 ± 0,07 A	6,28 ± 0,02 A	143,17 ± 54,10 A
	T1 (Ca (OH) ₂) (200g/m ²)	21,78 ± 0,15 AB	99,67 ± 0,44 A	1,46 ± 0,03 A	7,04 ± 0,13 A	235,77 ± 28,43 A
	T2 (Ca (OH) ₂) (400g/m ²)	22,72 ± 0,24 B	135,56 ± 1,66 D	1,86 ± 0,01 B	6,71 ± 0,35 A	194,10 ± 45,07 A
30	T3 (CaCO ₃) (200g/m ²)	22,00 ± 0,23 AB	120,00 ± 3,33 C	1,59 ± 0,03 A	6,90 ± 0,14 A	311,63 ± 23,27 A
	T4 (CaCO ₃) (400g/m ²)	21,39 ± 0,23 A	103,89 ± 1,18 AB	1,59 ± 0,01 A	7,16 ± 0,19 A	294,83 ± 32,94 A
	T5 (Ca ₂ O ₄ Si) (200g/m ²)	22,39 ± 0,39 AB	101,89 ± 2,25 AB	1,46 ± 0,02 A	6,61 ± 0,21 A	209,80 ± 82,27 A
	T6 (Ca ₂ O ₄ Si) (400g/m ²)	22,78 ± 0,32 B	108,06 ± 1,67 B	1,46 ± 0,03 A	6,71 ± 0,13 A	288,40 ± 77,70 A
45	T1 (Ca (OH) ₂) (200g/m ²)	30,00 ± 0,43 A	104,39 ± 0,38 A	1,50 ± 0,04 A	7,26 ± 0,03 A	179,47 ± 0,66 A
	T2 (Ca (OH) ₂) (400g/m ²)	32,89 ± 0,43 BC	140,50 ± 1,70 D	2,00 ± 0,02 B	7,75 ± 0,03 C	1795,80 ± 1419,59 A
	T3 (CaCO ₃) (200g/m ²)	32,78 ± 0,36 BC	125,22 ± 3,34 C	1,62 ± 0,04 A	7,37 ± 0,01 B	358,37 ± 25,65 A
	T4 (CaCO ₃) (400g/m ²)	31,67 ± 0,41 AB	110,11 ± 1,22 AB	1,53 ± 0,02 A	7,44 ± 0,01 B	320,70 ± 68,01 A
	T5 (Ca ₂ O ₄ Si) (200g/m ²)	33,33 ± 0,61 BC	106,72 ± 2,24 AB	1,47 ± 0,01 A	7,21 ± 0,01 A	217,20 ± 13,22 A
	T6 (Ca ₂ O ₄ Si) (400g/m ²)	33,61 ± 0,49 C	113,06 ± 1,69 B	1,47 ± 0,03 A	7,24 ± 0,02 A	187,77 ± 55,51 A

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

4.1 Determinación del mejor tratamiento regulador de pH

La regulación del pH del suelo en el cultivo de girasol se determinó considerando los valores reportados para la variable pH (Tabla 4-1) que permitieron identificar el efecto de los tratamientos de regulación de pH.

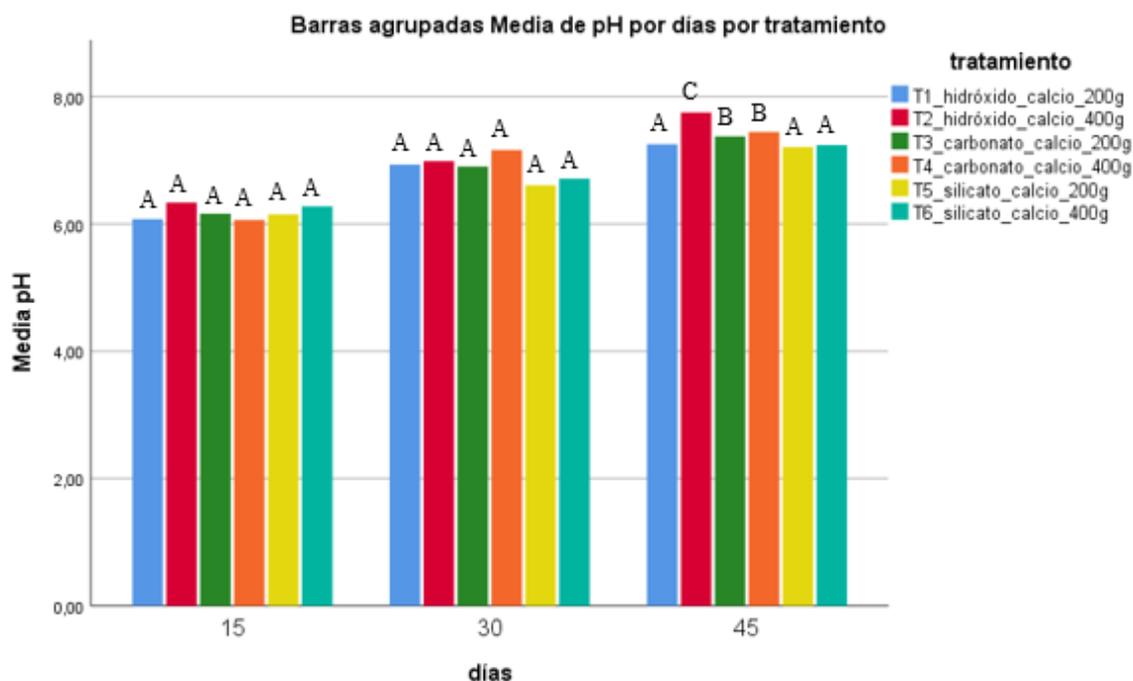


Ilustración 4- 1: Medida de pH por días

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

En la Ilustración 4-1 se observa que el valor de pH aumenta entre el día 15 y el día 45. Al realizar el análisis de varianza de dos factores, se observa que el pH del suelo al día 15 y al día 30 no mostró diferencias significativas para ninguno de los tratamientos. En cambio, al día 45 existió diferencia significativa para los tratamientos. Se obtuvo el mayor pH con el tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m²) con un valor de 7,75; mientras que los valores más bajos de pH se obtuvieron con los tratamientos T5 (Ca_2SiO_4 , 200 g/m²), T6 (Ca_2SiO_4 , 400 g/m²) y T1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 200g/m²) con valores entre 7,21 y 7,26, los cuales son iguales estadísticamente. Todos los tratamientos subieron el pH del suelo, sin embargo, dado los costos de los reguladores se recomendaría el tratamiento T3 (CaCO_3 , 200g/m²) que se obtuvo un valor de 7,37.

Tasilla (2021, p.43) da a conocer que agregó cal con una granulometría de: 2mm – 1mm; 1mm – 0.5mm; 0.5mm – 0.3mm; y < 0.3mm. A la muestra inicial de suelo se evaluó para tener un resultado de pH con el cual se pueda comparar los resultados posteriores el método de evaluación consistió en la recolección de muestras cada 15 días el cual el tratamiento el T9 (200 g/m²) de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) con una granulometría < 0.3 mm) ha superado a los demás tratamientos después de

60 días, alcanzando un pH de 6.79, ubicándose dentro del rango de un pH neutro (6,6 a 7,3). En la medición de los tratamientos hubo alta significación en cada uno de los intervalos de tiempo, el T9 (200 g/m² de cal (Ca (OH)₂) con granulometría < 0.3 mm), subió el pH de 4,1 a 5,57 a los 15 días; 5,69 a los 30 días; 6,61 a los 45 días y 6,79 a los 60 días, superando a los demás tratamientos en cada medición. Mis datos de pH con el mismo tratamiento y la misma dosis (Ca (OH)₂, 200g/m²) con una frecuencia cada 15 días subió el pH de (6 a 7,26) en 45 días, lo que los resultados son similares con el autor antes mencionado.

4.2 Determinación de la conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se determinó considerando los valores reportados para la variable CE en unidades de (μS) (Tabla 4-1).

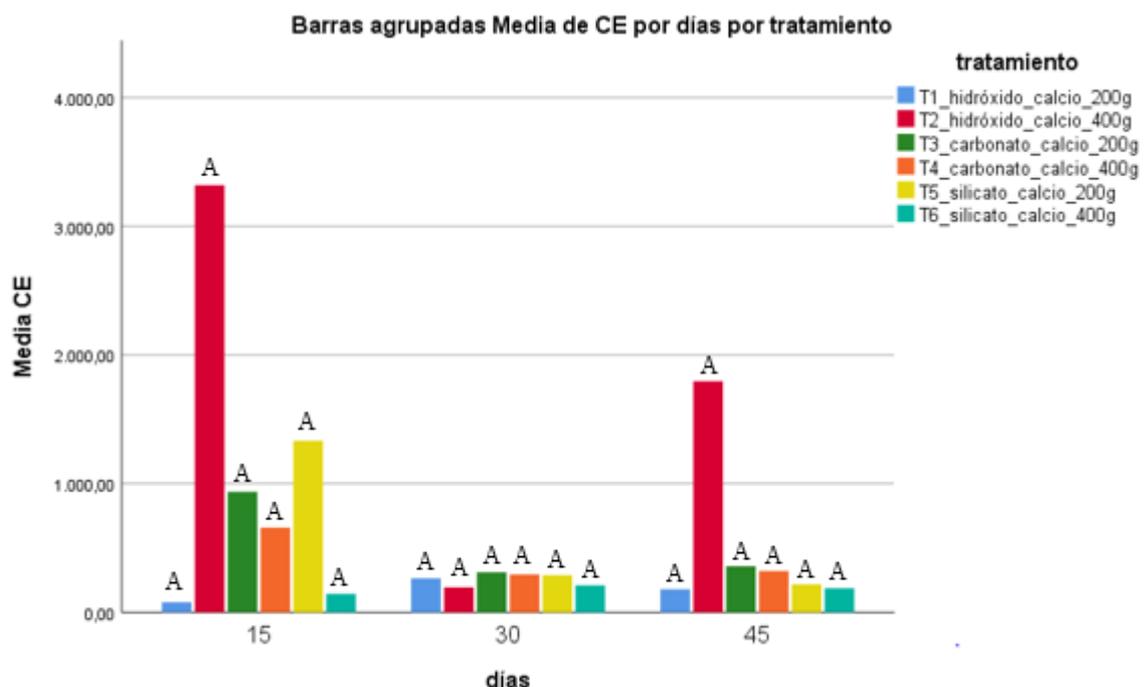


Ilustración 4- 2: Medida de Conductividad eléctrica por días.

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

En la ilustración 4-2, se observa que las medias del tratamiento T2 a los 15 y 45 días son superiores que el resto, sin embargo, de acuerdo con la prueba de Tukey, no existe diferencia significativa entre todas las medias de los tratamientos.

En lo que corresponde a la conductividad eléctrica inicial el suelo de la presente investigación tuvo un valor de 4.000 μS/cm colocándose en el rango no salino y de acuerdo al cuadro de

tolerancia de los cultivos a la salinidad no existe riesgo para ninguna de las especies a producir y no ocurrirá problemas en la aplicación de los reguladores de acidez y en la nutrición del girasol.

El girasol no es muy tolerante en cuanto a salinidad, estando su rango de tolerancia entre 2.000 y 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Según la tolerancia de los cultivos a la salinidad se describen estos rangos: sensible $< 130.000 \mu\text{S}/\text{m}$, moderadamente sensible 130.000 - 300.000, moderadamente tolerable 300.000 - 600.000, tolerante 600.000 – 100.000 e inadecuada para la mayoría de los cultivos $> 100.000 \mu\text{S}/\text{m}$ (Avatar, 2018).

4.3 Determinación de las características morfológicas del girasol

Las características morfológicas del cultivo de girasol se determinaron considerando los valores reportados para las variables, número de hojas, altura de la planta y diámetro del tallo (Tabla 4-1).

Número de hojas

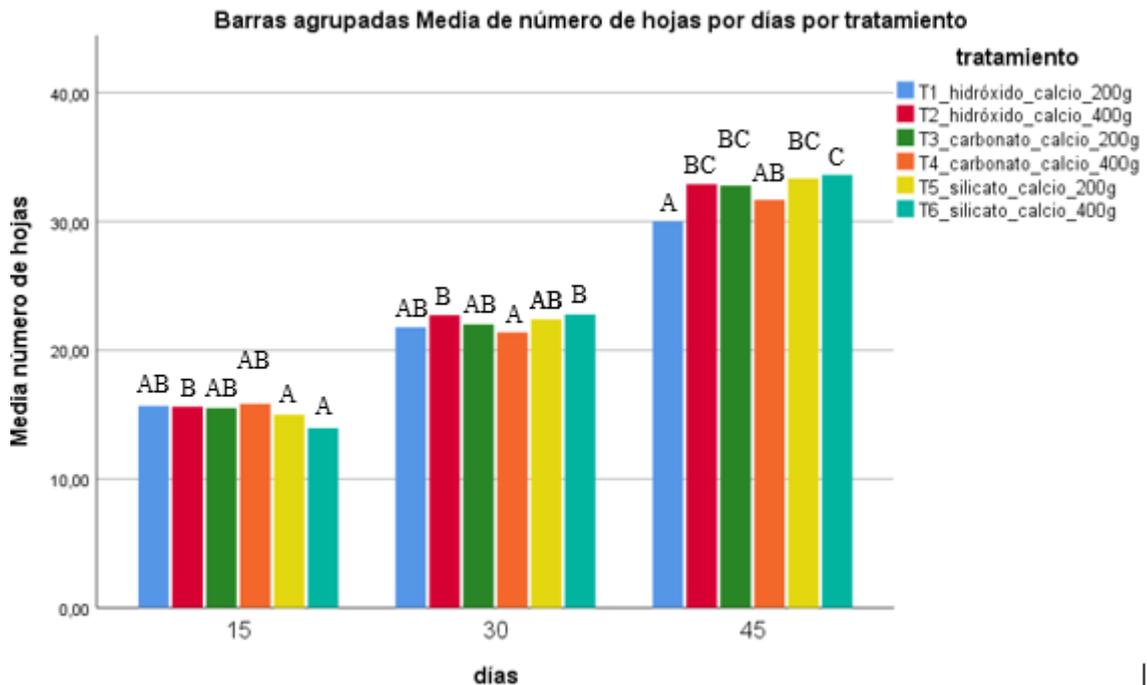


Ilustración 4- 3: Número de hojas por días

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

En la Ilustración 4-3 se observa que el valor del número de hojas aumenta entre el día 15 y el día 45. Al realizar el análisis de varianza de dos factores, se observa que a los 15 días existió diferencia significativa entre los tratamientos. Se obtuvo el mayor número de hojas con el

tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m^2) con un valor de 17,56 unidades; mientras que los valores más bajos del número de hojas se obtuvieron con el tratamiento T6 (Ca_2SiO_4 , 400 g/m^2) con un valor de 13,94 unidades. Al día 30 de evaluación existió diferencia significativa para los tratamientos, se obtuvo el mayor número de hojas con el tratamiento T6 (Ca_2SiO_4 , 400 g/m^2) con un valor de 22,78 unidades; mientras que los valores más bajos del número de hojas se obtuvieron con el tratamiento T4 (CaCO_3), 400 g/m^2) con un valor de 21,39 unidades. En el día 45 de evaluación existió diferencia significativa para los tratamientos, se obtuvo el mayor número de hojas con el tratamiento T6 (Ca_2SiO_4 , 400 g/m^2) con un valor de 33,61 unidades; mientras que los valores más bajos del número de hojas se obtuvieron con el tratamiento T1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 200g/m^2) con un valor de 30,00 unidades.

El número de hojas puede deberse a que cada variedad tiene características propias y requerimientos diferentes para completar su proceso fisiológico, lo cual está relacionado con factores como el fotoperíodo, la temperatura y el estado nutritivo, que inciden en el número de hojas lo que concuerda con lo que cita Ortiz (2022, p.29), quien da a conocer que el número de hojas depende de la genética de cada variedad, igualmente, el número de hojas está relacionado con la edad de la planta y algunos factores ambientales como la luz y humedad. En los resultados obtenidos hay una similitud con lo que describe Carrillo (2020, p.3), donde menciona que el número de hojas de las plantas de girasol van de 12 hasta 40 dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo, en la mayoría de los cultivos el nitrógeno ocasiona incrementos en el número y tamaño de hojas.

Altura de la planta

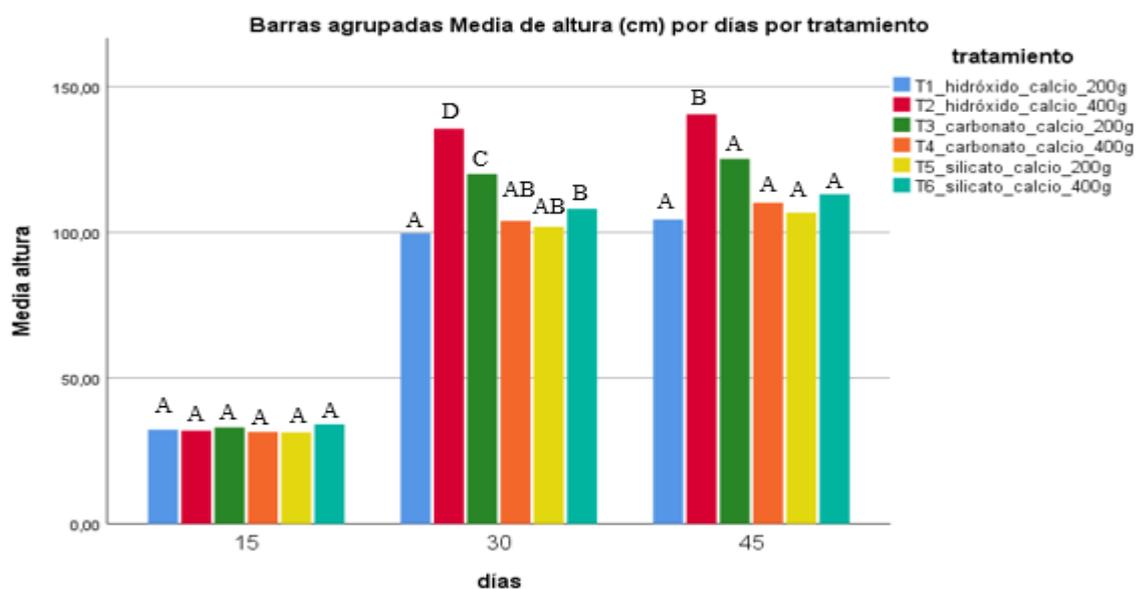


Ilustración 4- 4: Altura de la planta por días

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

En la Ilustración 4-4 se observa que el valor de la altura de la planta aumenta entre el día 15 y el día 45. Al realizar el análisis de varianza de dos factores, se observa que, a los 15 días, no existió diferencia significativa entre las alturas para ninguno de los tratamientos. En cambio, al día 30 de evaluación existió diferencia significativa para los tratamientos, se obtuvo la mayor altura de la planta con el tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m²) con un valor de 135,56 cm; mientras que los valores más bajos de la altura se obtuvieron con el tratamiento T1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 200g/m²) con un valor de 99,67 cm. En el día 45 de evaluación existió diferencia significativa para los tratamientos, se obtuvo la mayor altura de la planta con el tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m²) con un valor de 140,50 cm; mientras que los valores más bajos de la altura de la planta se obtuvieron con el tratamiento T1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 200g/m²) con un valor de 104,39 cm.

Cabrera De Los Santos (2019, p.29), menciona que la luz influye en el crecimiento y desarrollo del girasol, aunque depende de las diferentes etapas en que se encuentre.

Diámetro del tallo

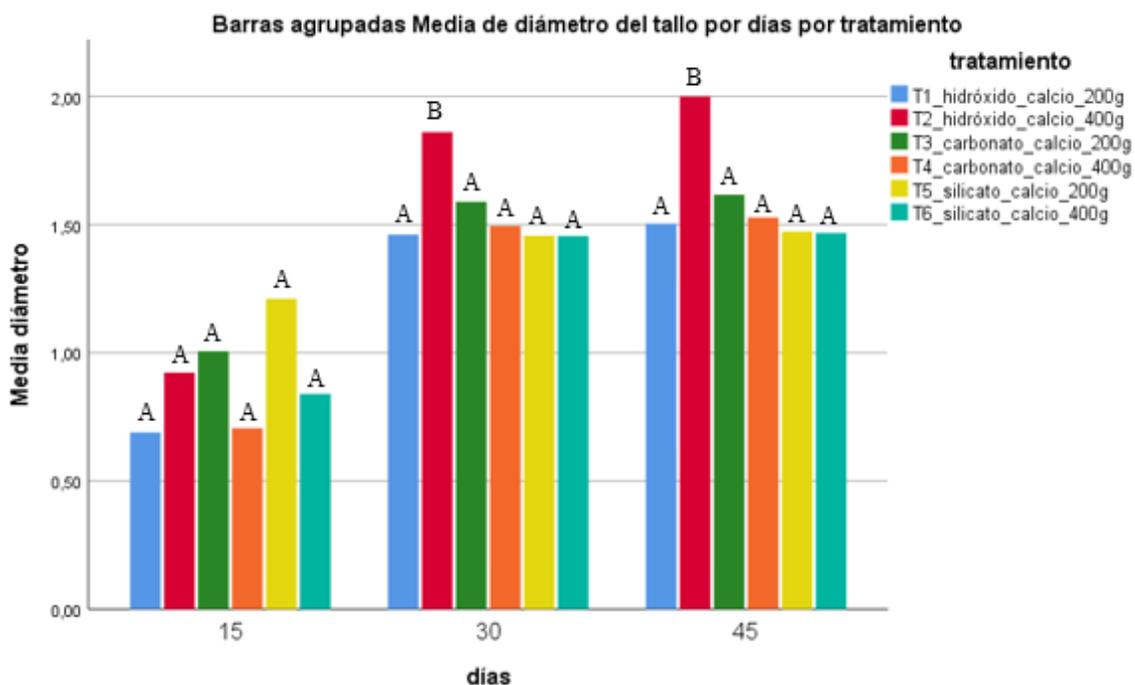


Ilustración 4- 5: Diámetro del tallo por día.

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

En la Ilustración 4-5 se observa que el valor de diámetro del tallo aumenta entre el día 15 y el día 45. Al realizar el análisis de varianza de dos factores, se observa a los 15 días, no existió diferencia significativa entre los diámetros del tallo para ninguno de los tratamientos. En cambio, al día 30

de evaluación existió diferencia significativa para los tratamientos, se obtuvo el mayor diámetro del tallo con el tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m²) con un valor de 1,86 cm; mientras que los valores más bajos se obtuvieron con el tratamiento T5 (Ca_2SiO_4 , 200 g/m²) con un valor de 1,46 cm. En el día 45 de evaluación existió diferencia significativa para los tratamientos, se obtuvo el mayor diámetro del tallo con el tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m²) con un valor de 2,00 cm; mientras que los valores más bajos se obtuvieron con el tratamiento T6 (Ca_2SiO_4 , 400 g/m²) con un valor de 1,47 cm.

Según Cabrera De Los Santos (2019, p.32), el diámetro está directamente relacionado con la capacidad fotosintética de la planta, a mayor producción de fotoasimilados mayor es la ganancia de medida de esta variable, principalmente en este órgano de la planta, que actúa como reservorio de alimento para la formación de órganos futuros. Las plantas necesitan tres nutrientes principales para una buena calidad: nitrógeno (N) para un follaje saludable, fósforo (P) para la floración y potasio (K) para raíces fuertes y vigor total.

4.4 Contenido de calcio en suelo

El análisis de suelo es importante para la agricultura, los resultados son muy útiles para examinar los niveles de nutrientes en el suelo, relacionarlos con el requerimiento del cultivo a establecerse o ya establecido para posteriormente elegir una fuente de origen mineral u orgánico que compense las necesidades de la plantación es así que se puede llegar a incrementar los rendimientos logrando mayores beneficios en el agronegocio.

A continuación, se muestran los resultados de los análisis de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos Tabla 4-2.

Tabla 4- 2: Análisis de suelo

Elemento	Análisis de suelo antes de la aplicación de los tratamientos	Análisis de suelo después de la aplicación de los tratamientos	Niveles de referencia óptimos
NH ₄	49.8 ppm	43.2 ppm	20-40
P	10.2 ppm	9.8 ppm	10-20
K	0.19 meq/100ml	0.09 meq/100ml	0,2-0,4
Ca	7.82 meq/100ml	8.20 meq/100ml	4-8
Mg	1.44 meq/100ml	0.77 meq/100ml	1-2
Al+H	0.50 meq/100ml	0.60 meq/100ml	0.50-1.50
Al	0.30 meq/100ml	0.30 meq/100ml	0.30-1.00
S	7.60 ppm	4.48 ppm	10-20
Zn	12.43 ppm	22.25 ppm	2-7
Cu	72.02 ppm	22.16 ppm	1-4
Fe	253.50 ppm	116.40 ppm	20-40
Mn	7.99 ppm	5.59 ppm	5-15
B	0.39 ppm	0.20 ppm	0.5-1.0
M.O.	6.15 %	6.80 %	-----
Clase textural	Franco-Arenoso	Franco-Arenoso	-----
pH	6	7.75	-----
CE	0.04 dS/m	-----	-----
Ca/Mg	5.40	10.60	2-8
Mg/K	7.60	8.60	2.5-10.0
(Ca+Mg)/K	48.70	99.70	12.5-50.0

Realizado por: Ramon, Naina, 2023.

Luego de obtener los resultados del análisis de suelo Tabla 4-2, se identificó el contenido de calcio presente en el suelo antes del establecimiento del cultivo y los tratamientos, el cual arrojó un valor de (7.82 meq/100ml); en lo correspondiente al análisis de suelo que se realizó en la etapa final de la investigación se encontró con un valor de (8.20 meq/100ml) por lo que denota un aumento adecuado que permite la disponibilidad del mismo en el desarrollo y vigor de la planta.

4.5 Recomendaciones agronómicas

En base a la investigación que se realizó para determinar la mejor dosis y el tratamiento más adecuado de reguladores de acidez en los predios de la empresa Indutecse Cia. Ltda, parroquia

Nuevo Paraíso ubicada en el km 7 ½ vía Coca - Lago Agrio, ubicado en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana se procede a dar las siguientes recomendaciones.

1. Determinar el valor de pH de su suelo a través de un análisis físico químico o empleando herramientas como pHmetro de campo, tiras de prueba de pH de plástico.
2. Con el valor de pH determinado se procede a adquirir carbonato de calcio o hidróxido de calcio en presentación sólida, polvo 25 kg en una tienda de agroinsumos (Agrupac).
3. Procurar que el suelo del cultivo se encuentre a capacidad de campo.
4. Con la ayuda de una gramera se debe pesar 200 gramos de carbonato de calcio o 400 gramos de hidróxido de calcio y espolvorear en un área previamente determinada de 1m² previendo que quede uniforme.
5. Tomando en referencia si aplicamos el carbonato de calcio se aplicaría 1200 gramos en un área de 9m² en el cultivo de girasol, por lo que se recomienda emplear 4 toneladas por hectárea dependiendo del cultivo si tiene un pH ácido en un rango de 5 a 5.5 se emplearía 160 sacos de 25kg de carbonato de calcio (CaCO₃), por hectárea con una dosis de 200g/m²
6. La frecuencia más adecuada para aplicar los acondicionadores es cada 15 días con monitoreos frecuentes hasta permitir el pH más adecuado.
7. Con la aplicación de los acondicionadores existió la capacidad para que los nutrientes estén en equilibrio y disponibles para que las plantas puedan desarrollarse y producir de forma correcta.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinó que el tratamiento más eficiente fue el tratamiento T2 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 400g/m²) hidróxido de calcio, con una frecuencia de aplicación cada 15 días en espolvoreo y a capacidad de campo, el pH inicial fue de 6,0, con la aplicación del acondicionador de suelo cambio a un valor de 7.75 a los 45 días por lo que se pudo evidenciar que estadísticamente es el más adecuado para regular la acidez de los suelos en la parroquia Nuevo Paraíso.

En el tratamiento T2, las plantas de girasol mostraron mejores resultados en las variables morfológicas tales como: altura de la planta (140,50 cm), diámetro del tallo (2,00 cm), debido al efecto de la aplicación de hidróxido de calcio a una dosis de 400 g/m², el número de hojas (33,61 unidades) mostro mejores resultados con el tratamiento T6 ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$, 400g/m²), los tratamientos han permitido generar un equilibrio y disponibilidad de los nutrientes para la asimilación de las plantas. Sin embargo, la altura tuvo un comportamiento menor con el tratamiento T6 ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$, 400g/m²) con un valor de (106,72 cm), número de hojas tuvo un menor valor estadísticamente (30,00 unidades) con el tratamiento T1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 200g/m²), el diámetro del tallo tuvo estadísticamente un menor valor (1,47 cm) con el tratamiento T5 ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$, 200g/m²) y T6 ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$, 400g/m²)

Se determinó el contenido de calcio a través del análisis de suelo antes del establecimiento del cultivo, el cual arrojó un valor de (7.82 meq/100ml); en lo correspondiente al análisis de suelo que se realizó en la etapa final de la investigación se encontró con un valor de (8.20 meq/100ml) por lo que denota un aumento adecuado que permite la disponibilidad del mismo en el desarrollo y vigor de la planta.

5.2 Recomendaciones

Se sugiere emprender trabajos de investigación donde se estudie el rol de las enmiendas en otros cultivos de interés económico para la provincia Orellana para que los suelos que se encuentren en un pH bajo (acidez) puedan ir subiendo paulatinamente hasta llegar a la neutralidad dependiendo del requerimiento del cultivo a establecerse.

Desarrollar investigaciones en el cultivo de girasol como una alternativa agrícola innovadora para la Amazonía en las que se pueda ejecutar procesos de fitorremediación de suelos, obtener flor para ornato, semilla para extracción de aceite, forraje para alimentación animal, o como atrayente de insectos considerados como enemigos naturales de las plagas y aprovechando la presencia de las abejas atraídas por esta especie que favorecen la polinización de frutales aledaños y con la diversificación de los ecosistemas que permitan el fortalecimiento del desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

AVATAR, Laura. *Manual básico del cultivo de girasol para flor cortada.* [blog]. 27 marzo 2018. [Consultada: 04 de junio 2023]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/03/27/manual-basico-del-cultivo-del-girasol-para-flor-cortada/#:~:text=El%20girasol%20no%20es%20muy,del%20suelo%20a%2025%20%20C2%BA> C

BERGERO, Patricia. *Panorama mundial: el girasol 2021/22 se anota varios récords productivos* [blog]. 14 enero 2022. [Consultada: 8 de mayo 2023]. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/panorama-4>

CASTELLANOS, Javier. *Manejo y corrección de la acidez de los suelos* [blog]. 2021 [Consultada: 19 de abril 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Downloads/04.%20La%20acidez%20del%20suelo%20y%20su%20correccion.pdf>

CARRILLO CRIOLLO, Jairo Fernando. Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres variedades de girasol (*Helianthus annuus* L) para flor de corte (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Central Del Ecuador, Facultad de ciencias agrícolas, Carrera De Ingeniería Agronómica. Quito – Ecuador. 2020. p 3 – 4. [Consultada: 5 de mayo 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21978/1/T-UCE-0004-CAG-275.pdf>

CABRERA DE LOS SANTOS, Abel. Evaluación de diferentes niveles de vermicompost en el desarrollo de girasol ornamental en maceta (*Helianthus annuus* L.) (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, División De Carreras Agronómicas. Torreón – México. 2019. pp 14 – 32. [Consultada: 5 de mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2290/Tesis%20Girasol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CARMIGNIANI GUERRA, Carlos Andrés. “Evaluación agronómica de cinco distanciamientos de siembra en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.)” en la zona de Pangua” (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Facultad

De Ciencias Agrarias, Carrera De Ingeniería Agronómica. Quevedo – Ecuador. 2019. p 10 - 12. [Consultada: 6 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2456/1/T-UTEQ-0075.pdf>

CALVA SOTO, Carmen Francisca. Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo ácido de Loreto, Orellana (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Central Del Ecuador, Facultad De Ciencias Agrícolas, Carrera De Ingeniería Agronómica. Quito – Ecuador. 2016. p. 3 - 33. [Consultada: 7 de mayo 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Documents/acidez.pdf>

CHICAIZA CARCHI, Ruth Elizabeth. Duración de las etapas fenológicas y caracterización morfológica de tres accesiones de girasol (*Helianthus annuus* L.) en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de ingeniería Agronómica. Cevallos – Ecuador. 2019. p 14. [Consultada: 22 de abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26342/1/Tesis-168%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20510.pdf>

Fertiberia. S. A. *Guía del abonado para todo tipo de cultivo* [blog]. 2023 [Consultada: 16 de mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fertiberia.com/es/agricultura/servicios-al-agricultor/guia-del-abonado/girasol/>

GADMFO. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Francisco de Orellana* [blog]. 2023 [Consultada: 19 de abril 2023]. Disponible en: <https://www.orellana.gob.ec/docs/PDYOT%20/PDYOT%20DOC.pdf>

GARCÍA RUIZ, JOSÉ RAFAEL; & GARCÍA LÓPEZ, JAVIER. *Guía del Cultivo del Girasol* [en línea]. Córdoba – España: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2018. [Consultada: 17 abril 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Downloads/GUIA%20CULTIVO%20GIRASOL.pdf>

GONZALES, Patricio. *Claves de la densidad de siembra idónea en el cultivo de girasol* [Interempresas]. 2020 [Consultada: 8 de mayo 2023]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/301341-cooperativa-Agropal-analiza-claves-de-densidad-de-siembra-idonea-en-cultivo-de-girasol.html>

GUTIERREZ, Nathalia. *Manejo técnico para el cultivo de girasol* [blog]. 09 de noviembre 2019 [Consultada: 7 de mayo 2023]. Disponible en: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-agricola-hortofruticola-e-inocuidad/568>

HENAO OSORNO, Héctor. Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia (trabajo de titulación) (Maestría) [En línea]. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín – Colombia. 2019. p. 44. [Consultada: 9 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9810/70660741.2012.pdf?sequence=1>

INTAGRI. *La Importancia del Encalado en el Manejo de los Suelos Ácidos Parte II* [blog]. 2020 [Consultada: 21 de abril 2023]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-importancia-del-encalado-en-el-manejo-de-los-suelos-acidos-parte-II>

INTAGRI. *Cultivo de Girasol en México* [blog]. 2021 [Consultada: 21 de abril 2023]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/cultivo-de-girasol-en-mexico>

LOOR TAMAYO, Bianca Anais. Evaluación de producción y calidad agroindustrial de la semilla de tres variedades de girasol (*Helianthus annuus*), Pichincha, Manabí (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de ingeniería Agronómica. Guayaquil – Ecuador. 2021. p 19 - 27. [Consultada: 20 de abril 2023]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOOR%20TAMAYO%20BIANCA%20ANAIS.pdf>

MAFA Bioscience. *Reguladores del suelo en la agricultura* [blog]. 25 de junio 2020 [Consultada: 18 de abril 2023]. Disponible en: <https://www.mafa.es/cinco-razones-para-usar-reguladores-del-suelo-en-la-agricultura/#:~:text=B%C3%A1sicamente%2C%20los%20reguladores%20o%20acondicionados,la%20planta%20o%20el%20%C3%A1rbol.>

MAYA. S.L. *Aceite de girasol: beneficios para la salud y recomendaciones* [blog]. 2022 [Consultada: 14 de mayo 2023]. Disponible en: <https://mayasl.com/beneficios-aceite-girasol/>

Manual de fertilidad de los suelos. [en línea]. Norcross – Georgia: Foundation for Agronomic Research (FAR), The Potash & Phosphate Institute (PPI), 1988 [Consulta: 20 junio 2023]. Disponible en: file:///C:/Users/HP/Downloads/Manual_de_fertilidad_de_suelos.pdf

MEDINA RIVERA, Lorena Anabel. “Evaluación de cuatro enmiendas en la corrección de la acidez del suelo en el cultivo de piña en la zona de Valle Hermoso, Santo Domingo – Ecuador” (trabajo de titulación) (Maestría) [En línea]. Universidad Tecnológica Equinoccial, Maestría En Nutrición Vegetal. Santo Domingo De Los Tsáchilas – Ecuador. 2019. pp 31 - 112. [Consultada: 7 de mayo 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Documents/tesis%20de%20acidez%20en%20pi%C3%B1a.pdf>

MEJÍAS, Mirelys. *Reguladores de acidez, un indispensable* [blog]. 11 de agosto de 2019 [Consultada: 18 de abril 2023]. Disponible en: <https://cuantopongo.com/2019/08/11/reguladores-de-acidez-un-indispensable/>

NAZAR CIPRIANO, Javier. Efecto del encalado en el crecimiento de la valeriana pilosa R&P en Huanico, Cajamarca (trabajo de titulación) (Maestría) [En línea]. Universidad Nacional De Cajamarca, Escuela De Postgrado, Maestría en gestión ambiental. Cajamarca – Perú. 2015. p 71. [Consultada: 15 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1555/Tesis%20Javier%20Nazar%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORTIZ MERINO, Byron Javier. “Evaluación de dos sustratos para la producción de dos variedades de girasol (*Helianthus annuus* L.) en invernadero.” (trabajo de titulación) (pregrado) [En línea]. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Carrera Agronomía. Riobamba – Ecuador. 2022. p. 29. [Consultada: 05 de junio 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Documents/tesis%20provecho%20sobre%20el%20vigor%20girasol.pdf>

OEC. *Semillas de girasol en Ecuador* [blog]. 2021 [Consultada: 19 de abril 2023]. Disponible en: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/sunflower-seeds/reporter/ecu#:~:text=Exportaciones%3A%20En%202021%2C%20Ecuador%20export%C3%B3,671%20m%C3%A1s%20exportado%20en%20Ecuador.>

PIHUAVE REYNA, Anthony Alexander. Uso de enmiendas para disminuir la acidez de suelos en banano (*Musa cavendish* AAA) (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de ingeniería Agronómica. Guayaquil – Ecuador. 2020. p 15. [Consultada: 20 de abril 2023]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PIHUAVE%20REYNA%20ANTHONY%20ALEXANDER.pdf>

RUIZ CORRAL, José Ariel; MEDINA GARCÍA, Guillermo; RAMÍREZ OJEDA, Gabriela; FLORES LÓPEZ, Hugo Ernesto; GONZÁLEZ ACUÑA, Irma Julieta; ORTIZ TREJO, Ceferino; BYERLY MURPHY, Keir Francisco; MARTÍNEZ PARRA, Ramón Armando. *Requerimientos agroecológicos de cultivos* [en línea]. Segunda Edición. Jalisco – México: INIFAP, 2013. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf

TASILLA SALAZAR, Lucio. Variación de la reacción del suelo a la aplicación de cal de diferente granulometría en la Encañada – Cajamarca (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Nacional De Cajamarca, Facultad De Ciencias Agrarias, Carrera De Ingeniería Agronómica. Cajamarca – Perú. 2021. p 5 - 43. [Consultada: 7 de mayo 2023]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Documents/acidez%20del%20suelo.pdf>

TENESACA QUITO, Celia María. Fenología y profundidad radical del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) var. sunbright en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua (trabajo de titulación) (Pregrado) [En línea]. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ciencias Agropecuarias. Ambato – Ecuador. 2020. pp 18–22. [Consultada: 6 de mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10401/1/Tesis-97%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20320.pdf>

ZURITA, Francisco. *El girasol y sus peculiaridades* [blog]. 2022 [Consultada: 06 de abril 2023]. Disponible en: <https://tiendahusqvarna.com/blog/girasol>

ANEXOS

ANEXO A: GERMINACIÓN DE SEMILLA AL DÍA 6



ANEXO B: APLICACIÓN DE FERTILIZANTE 10-30-10



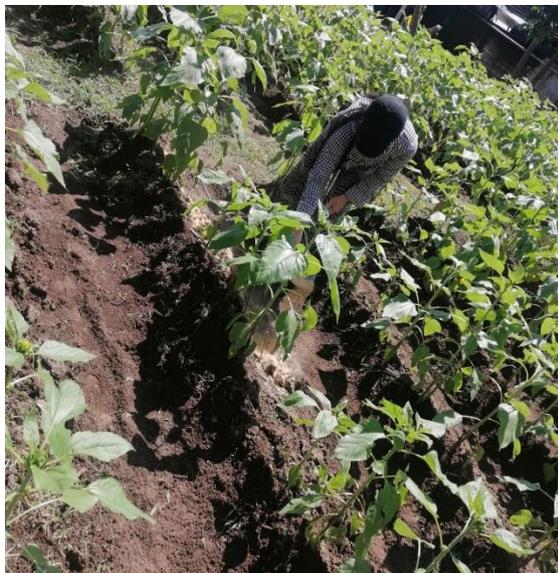
ANEXO C: FUMIGACIÓN PARA EL CONTROL DE PLAGAS



ANEXO D: MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DEL TALLO A LOS 15 DÍAS



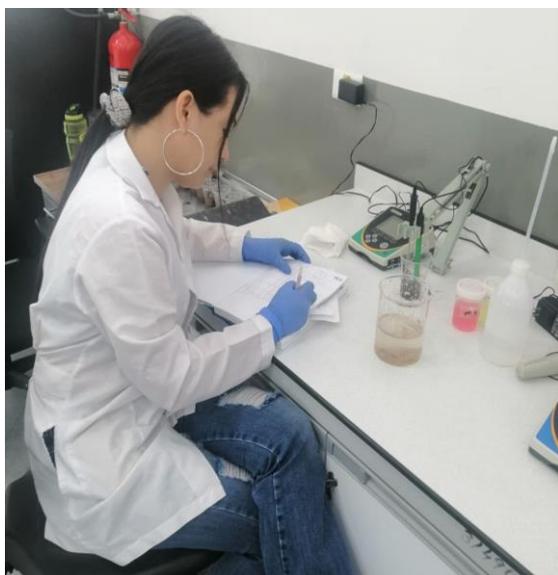
ANEXO E: APLICACIÓN DE CARBONATO DE CALCIO



ANEXO F: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO



ANEXO G: ANÁLISIS DE PH DE LAS MUESTRAS

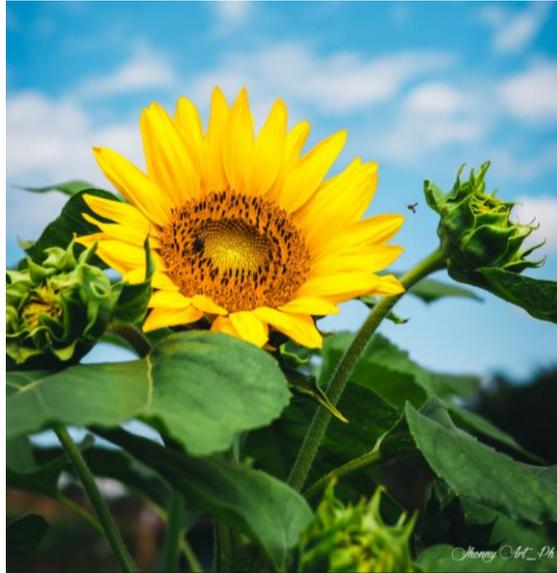


ANEXO H: HOJAS DE LA PLANTA HEMBRA



ANEXO I: PLANTA HEMBRA

ANEXO J: PLANTA MACHO



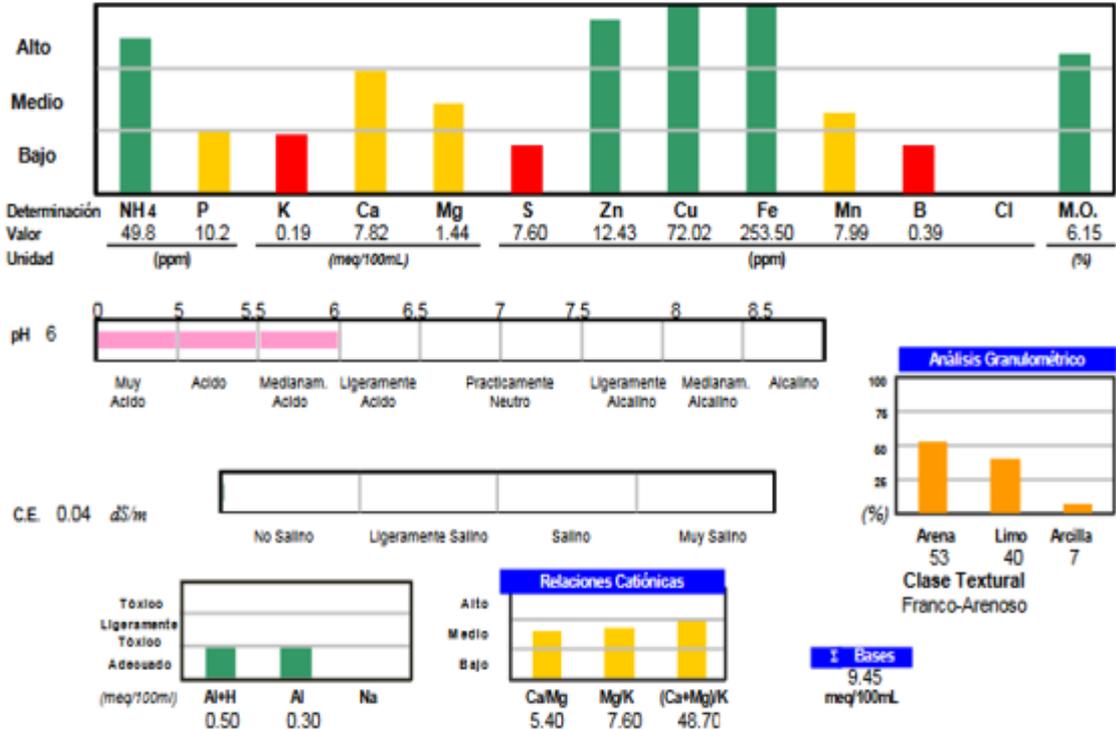
ANEXO K: CULTIVO DE GIRASOL



ANEXO L: ANÁLISIS DE SUELO ANTES DE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio : 20054	Informe No. :	Factura No. :	0
Identificación : 23S514 / NAINA RAMON	Responsable Muestreo : Cliente	Fecha Análisis :	17/04/2023
Cultivo Actual : N/E	Fecha Muestreo : 30/03/2023	Fecha Emisión :	17/04/2023
Coordenadas : Latitud: Longitud:	Fecha Ingreso : 31/03/2023	Fecha Impresión :	20/04/2023

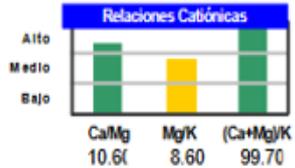
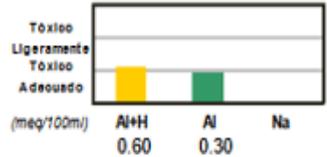
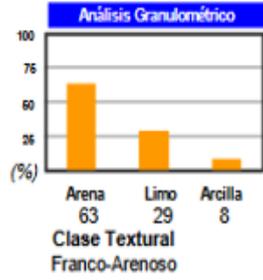
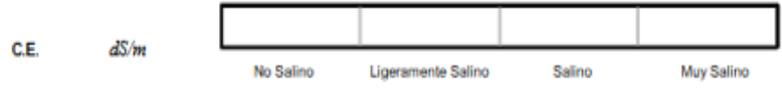
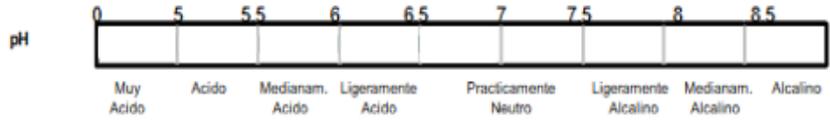
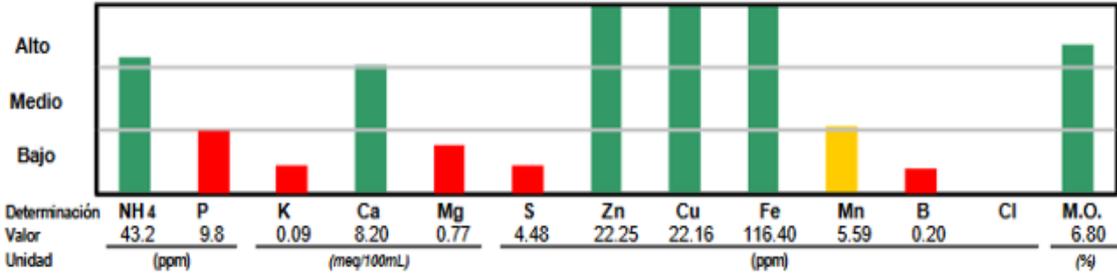
INTERPRETACION



ANEXO M: ANÁLISIS DE SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio : 20461	Informe No. :	Factura No. :	0
Identificación : 23S968 / NAINA RAMÓN	Responsable Muestreo : Cliente	Fecha Análisis :	13/7/2023
Cultivo Actual : N/E	Fecha Muestreo : 28/06/2023	Fecha Emisión :	13/7/2023
Coordenadas : Latitud: Longitud:	Fecha Ingreso : 29/06/2023	Fecha Impresión :	17/7/2023

INTERPRETACION



Σ Bases
9.06 meq/100mL



espoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22/ 12/ 2023

INFORMACIÓN DE LA AUTORA
Nombres – Apellidos: Naina Lissette Ramon Amaya
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales.
Carrera: Agronomía.
Título a optar: Ingeniera Agrónoma.
f. responsable: Ing. Cristian Sebastian Tenelanda Santillan.

Cristian Tenelanda S
Ing. Cristian Sebastian Tenelanda. S
Ci: 060468670-9



1930-DBRA-UPT-2023