



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y
VETERINARIA



CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Componente practico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Importancia del análisis químico del suelo para evitar deficiencias o
excesos de fertilizantes en el cultivo de maíz.

AUTOR:

Ronald Jacinto Zamora Zambrano

TUTOR:

Ing. Agr. Javier Landívar Lucio, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

RESUMEN

Este estudio destaca la importancia del análisis químico del suelo para evitar deficiencias o excesos de fertilizantes en el cultivo de maíz, con el objetivo de aumentar los rendimientos. Se recopiló información de documentos actuales, artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para presentar diversas opiniones e ideas. Los resultados muestran que el análisis químico del suelo ofrece beneficios esenciales para la fertilización del maíz, permitiendo determinar con precisión las necesidades nutricionales y optimizando el uso de fertilizantes. Existen diversos métodos para analizar la calidad del suelo, cada uno con su propia utilidad y enfoque. Entre los más comunes se encuentra el análisis químico, que mide las concentraciones de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, así como el pH y la materia orgánica. Las propiedades químicas del suelo son fundamentales para incrementar la producción de los cultivos de maíz. La concentración de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, directamente influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las conclusiones subrayan que el análisis químico del suelo es crucial para optimizar la fertilización en el cultivo de maíz, ya que permite identificar las deficiencias y excesos de nutrientes. La variedad de métodos para el análisis de la calidad del suelo, que incluye técnicas físicas, químicas y biológicas, proporciona una visión integral de su estado y fertilidad. Las propiedades químicas del suelo, como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes, son determinantes cruciales para el crecimiento y rendimiento del maíz.

Palabras claves. Fertilizantes, Nutrientes, Cultivo de maíz, Rendimientos, Crecimiento.

SUMMARY

This study highlights the importance of soil chemical analysis to avoid deficiencies or excesses of fertilizers in maize cultivation, with the aim of increasing yields. Information was gathered from current documents, research articles, virtual libraries, and websites to present various opinions and ideas. The results show that soil chemical analysis offers essential benefits for maize fertilization, allowing for precise determination of nutritional needs and optimizing fertilizer use. There are various methods to analyze soil quality, each with its own utility and focus. Among the most common is chemical analysis, which measures concentrations of essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium, as well as pH and organic matter. The chemical properties of the soil are fundamental for increasing maize crop production. The concentration of essential nutrients, such as nitrogen, phosphorus, and potassium, directly influences plant growth and development. The conclusions emphasize that soil chemical analysis is crucial for optimizing fertilization in maize cultivation, as it allows for the identification of nutrient deficiencies and excesses. The variety of methods for analyzing soil quality, which includes physical, chemical, and biological techniques, provides a comprehensive view of its state and fertility. The chemical properties of the soil, such as pH, cation exchange capacity, and nutrient content, are crucial determinants for maize growth and yield.

Keywords. Fertilizers, Nutrients, Corn Cultivation, Yields, Growth.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Líneas de investigación.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1 Marco conceptual	5
2.1.1 Origen del maíz.....	5
2.1.2. Generalidades del maíz	5
2.1.3. Importancia del análisis químico del suelo	6
2.1.4. Importancia del maíz	7
2.1.5. Fertilizantes en el cultivo de maíz	7
2.1.6. Impacto del exceso de nitrógeno	8
2.1.7. Absorción de nutrientes del cultivo de maíz	9
2.1.8. Beneficios del análisis químico del suelo para la fertilización en el cultivo de maíz.	9
2.1.9. Fertilización en maíz.....	9
2.1.10. Diversos métodos para el análisis de la calidad del suelo.	10
2.1.11. Contenido de minerales	10
2.1.12. Capacidad de intercambio catiónico	11
2.1.13. Conductividad eléctrica	11
2.1.14. Comprobación del pH.....	11
2.1.15. Comprobación del contenido de humedad	12
2.1.16. Prueba de límites de Atterberg	12
2.1.17. Importancia de las propiedades químicas del suelo para el incremento de la producción de los cultivos de maíz.....	13
2.2. Marco metodológico	14
2.3. Resultados.....	14
2.4 Discusión de resultados.....	15
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	17
3.1. Conclusiones	17

3.2. Recomendaciones	18
4.REFERENCIAS Y ANEXOS	20
4.1. Referencias bibliográficas.....	20
4.2. Anexos.....	25

Tabla de Figuras

Anexo 1: Toma de muestra de suelo para análisis químico	25
Anexo 2: Extractores de muestras de suelo	25

1.CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

La producción mundial de maíz aumentó de 600 millones de toneladas en el año 2000 a aproximadamente 1150 millones de toneladas en 2020, lo que indica que en solo dos décadas la producción prácticamente se duplicó. Históricamente, la región de mayor producción de maíz en el mundo se encontraba en el Centro-Norte de Estados Unidos, conocida como el Cinturón Maicero Norteamericano. No obstante, en los últimos 20 años, la producción de maíz ha crecido considerablemente en otras regiones debido a la expansión del área cultivada, al incremento de las ganancias por unidad de superficie, o a una combinación de ambos factores (Andrade *et al.* 2023).

Las principales áreas productoras de maíz amarillo en Ecuador se encuentran en las provincias costeras, siendo Los Ríos y Manabí las más definidas. En Los Ríos, los cantones con mayor producción son Palenque, Vinces, Ventanas y Mocache, mientras que en Manabí despuntan Tosagua, Paján, Jipijapa, Chone y Portoviejo. En 2022, la producción bruta de maíz amarillo llegó a 1.806.819 toneladas, con un rendimiento promedio nacional de 6.35 t/ha (13% de agua y 1% de impureza). En comparación con 2021, se registró un aumento del 10% en la producción, a pesar de una baja del 7% en la superficie sembrada. Manabí fue la provincia con el mayor rendimiento (7.43 t/ha), seguida por Los Ríos con 5.96 t/ha (Sánchez 2022).

El manejo apropiado del suelo y la provisión de nutrientes esenciales son fundamentales para extender el rendimiento del maíz. Es vital conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la región para determinar el manejo adecuado. La fertilidad del suelo es un factor clave, pero muchos productores, sin conocimientos competentes, aplican fertilizantes sin tener en cuenta estas características, lo que limita el potencial del cultivo (Gutiérrez *et al.* 2022).

En este argumento, el análisis químico del suelo a nivel local es necesario para tener conocimiento de la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo que el cultivo de maíz adsorbe para poder cumplir con su ciclo biológico, de esta manera los agricultores lograr tener conocimiento y pueden usar métodos más precisos que reducen las pérdidas aumentando considerablemente la cantidad y calidad de la cosecha y reduciendo los costos de producción.

1.2. Planteamiento del problema

Para la provincia de Los Ríos, la agricultura es una de las principales fuentes de ingresos económicos. El desequilibrio en la ecología es causado por el crecimiento urbano y, en general, por las actividades humanas; cada vez es más difícil que los cultivos se desarrollen y se obtengan buenas cosechas. Es esencial comprender la cantidad de minerales (nutrientes inorgánicos) presentes en el suelo para fertilizar adecuadamente los terrenos y contrarrestar la degradación del mismo causada por la erosión y la rotación inadecuada de los cultivos.

Uno de los factores que afectan a los cultivos de maíz, tanto directos como indirectos, es la falta de conocimiento sobre las características del suelo, que resulta de la falta de estudio adecuado. Por lo tanto, para determinar si el suelo es adecuado para el cultivo de maíz, es fundamental realizar investigaciones sobre sus características químicas. Además, es esencial entender la perspectiva de los agricultores sobre los cultivos y los suelos que emplean en sus actividades productivas (Zambrano 2020)

El manejo inadecuado de la fertilización en el cultivo de maíz, ya sea por exceso o deficiencia de nutrientes, puede tener consecuencias significativas. Un exceso de fertilizantes, especialmente de nitrógeno, puede llevar a un crecimiento vegetativo excesivo que reduce la formación y llenado de granos, además de aumentar la susceptibilidad a enfermedades y problemas ambientales. Por otro lado, la deficiencia de nutrientes limita el crecimiento de la planta, disminuye la productividad y puede comprometer la salud general del cultivo. Ambos escenarios subrayan la importancia de una fertilización equilibrada para maximizar el rendimiento y la sostenibilidad del maíz.

1.3. Justificación

El suelo es un elemento esencial en la agricultura actual, por lo que el análisis químico del suelo es fundamental para mejorar la productividad del maíz. A través de un análisis apropiado, es posible determinar las características edáficas óptimas para los cultivos agrícolas y, de esta manera, combatir la pérdida de producción (Pacheco *et al.* 2023).

Dado que los nutrientes y las características del suelo están directamente relacionados con el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, así como con la cantidad y calidad de las cosechas, se deben considerar las características químicas del suelo. Para brindar una evaluación más completa de las fertilizaciones del suelo en el cultivo de maíz y aumentar los rendimientos, el estudio se lleva a cabo debido a la urgencia de evitar deficiencias o excesos de fertilizantes.

Entre los factores que influyen en los resultados de un cultivo se encuentra la presencia de los nutrientes esenciales para las plantas en el suelo. Es necesario agregar estos nutrientes porque no se encuentran en cantidades adecuadas.

Es fundamental llevar a cabo un análisis químico de los terrenos agrícolas con el fin de familiarizarse con sus características químicas, así como con las concentraciones de nutrientes que se encuentran presentes en ellos. Este análisis es fundamental debido a que permite determinar cuáles áreas de cultivo de maíz sean más favorables para el cultivo de maíz, teniendo en cuenta la presencia de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Al comprender mejor estas propiedades del suelo, los agricultores pueden adoptar decisiones acerca de la administración de sus tierras.

Asimismo, esta investigación no solo contribuirá a identificar los terrenos más adecuados para el cultivo, sino que también brindará beneficios sostenibles a los agricultores. Se les brindará la oportunidad de optimizar la planificación de la planta, optimizando el uso de productos y recursos, lo cual a su vez puede incrementar la productividad y disminuir costos. Con un mejor conocimiento del suelo, los

agricultores podrán implementar prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles, asegurando un rendimiento óptimo de sus cultivos a largo plazo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Detallar la Importancia del análisis químico del suelo para evitar deficiencias o excesos de fertilizantes para aumentar los rendimientos en el cultivo de maíz.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los beneficios del análisis químico del suelo para la fertilización en el cultivo de maíz.
- Indicar los parámetros químicos adecuados para el desarrollo y producción del cultivo de maíz.
- Establecer los diversos métodos para el análisis de la calidad del suelo.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Importancia del análisis químico del suelo para evitar deficiencias o excesos de fertilizantes para aumentar los rendimientos en el cultivo de maíz.”. En este contexto, específicamente se aborda la línea del Desarrollo agropecuario, y en la Sublínea de Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Origen del maíz

El maíz sigue siendo objeto de muchas investigaciones y escritos, pero todavía se discuten los detalles precisos de su origen. Se cree, sin embargo, que los agricultores domesticaron una de las primeras plantas, con un proceso que se remonta a entre 7.000 y 10.000 años. Las pruebas más antiguas que lo relacionan con la alimentación humana son las pequeñas mazorcas de maíz con una antigüedad estimada de más de 5.000 años, preservadas cuidadosamente en cuevas habitadas por nuestros antepasados (Aguirre 2020).

Zea mays, también conocido como maíz, es uno de los cereales más versátiles en la alimentación. Su producción no solo satisface las necesidades nutricionales de los humanos y los animales, sino que también se utiliza con frecuencia en la industria de biocarburantes debido a su capacidad para convertirse en energía en todas las etapas de desarrollo de la planta (Estrada 2021).

2.1.2. Generalidades del maíz

Taxonomía maíz según (Findlay 2021).

Reino: Plantae

División: Liliopsida

Subdivisión: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Paricoideae

Tribu: Andropogoneae

Subtribu: Tripsacinae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

2.1.3. Importancia del análisis químico del suelo

Una de las limitaciones más importantes de la agricultura convencional es la degradación del suelo. La importancia del análisis del suelo en los cultivos de maíz se acentúa con esta preocupación. Un cuarto de los suelos en todo el mundo está gravemente degradado o en alto peligro de degradarse. Este fenómeno afecta más de la mitad de los 576 millones de hectáreas cultivables en América Latina. El cambio climático, la desigualdad social, la sobreexplotación y los cambios en el uso del suelo son causas (Leveron 2020).

La agricultura en la región es frágil, en particular para los pequeños agricultores, según las investigaciones. Para garantizar cosechas ideales en el futuro, es fundamental mantener la salud del suelo y entender sus tendencias. Para reducir los peligros y garantizar una producción agrícola sostenible, estas acciones son esenciales (Rivera *et al.* 2022).

El análisis químico del suelo es esencial para crear planes de fertilización que maximicen la calidad y el rendimiento del maíz. Conocer cómo los nutrientes se absorben en cada fase del cultivo brinda información útil para crear programas de fertilización efectivos. La disponibilidad de nutrientes en el suelo, la eficacia de los fertilizantes, el momento adecuado de siembra y factores como el clima, la administración de la cosecha y el sistema de riego deben tenerse en cuenta (Arteaga *et al.* 2022).

Para elaborar planes de fertilización que optimicen el rendimiento y la calidad del maíz, es necesario realizar un análisis químico del suelo. Conocer cómo se absorben los nutrientes en cada fase del cultivo proporciona información valiosa para crear programas de fertilización efectivos. Es importante considerar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la eficiencia de los fertilizantes, el momento adecuado para la siembra y factores como el clima, la gestión de la cosecha y el sistema de riego (Lopez 2023).

Se proporciona información útil sobre los patrones de consumo de nutrientes de un cultivo a lo largo de su ciclo de vida a través del análisis químico del suelo; esto mejora la comprensión de la cantidad mínima que un cultivo necesita para lograr un objetivo de rendimiento específico. Para mejorar la productividad y disminuir los

gastos relacionados con la aplicación de fertilizante, se puede optimizar la administración de los programas de fertilización.

2.1.4. Importancia del maíz

La economía y la sociedad de muchas naciones dependen del maíz, uno de los cereales más populares del mundo. Su función como alimento fundamental para humanos y animales, así como como materia prima para múltiples industrias, demuestra su importancia económica. El maíz es fundamental en la producción de alimentos balanceados para animales, lo cual tiene un impacto directo en las industrias cárnica y láctea; además, es esencial para la seguridad alimentaria de millones de personas. Su influencia económica fuera del ámbito alimentario se amplía aún más con su uso en la fabricación de cosméticos, biocombustibles y plásticos biodegradables (Axayacatl 2023).

Debido al rápido aumento de la población y a la creciente necesidad de proteínas animales, el maíz, esencial para la alimentación mundial, se enfrenta a dificultades complicadas. Para el año 2050, se estima que la población global alcance los 9.700 millones, lo que aumentará la demanda de granos como el maíz. El aumento se debe no solo al aumento de la población, sino también al aumento del consumo de proteínas animales, lo cual significa que se requieren más granos para alimentar al ganado (Tech 2022).

2.1.5. Fertilizantes en el cultivo de maíz

La fertilización es esencial para el cultivo de maíz, ya que asegura el suministro adecuado de nutrientes clave como nitrógeno, fósforo y potasio, necesarios para un crecimiento óptimo y una alta producción de grano. Aunque los macronutrientes son fundamentales, no se debe subestimar la importancia de los elementos secundarios y menores, como el calcio, magnesio, azufre, zinc, hierro y boro, que también son vitales para el desarrollo saludable de las plantas. La correcta aplicación de fertilizantes, tanto al suelo como foliares, puede ser determinante en el éxito o fracaso del cultivo (Porres y Cuxil 2024).

Es fundamental brindar una fertilización y una nutrición adecuadas que fomenten la absorción de los nutrientes esenciales necesarios para el desarrollo ideal de la planta para maximizar la productividad de los cultivos de maíz. Esto resultará en

una disminución de los costos de producción y en un aumento de los rendimientos. La necesidad inmediata del cultivo se puede satisfacer con 70 kg/ha de K₂O en suelos con niveles elevados de potasio. Sin embargo, sin agotar las concentraciones naturales de potasio en el suelo, se aconseja proporcionar la cantidad total de potasio que la planta necesita, que es de 131,7 kg/ha de K (Flores *et al.* 2021).

Para adaptar la fertilización a las necesidades particulares de la planta de manera inteligente y controlada, es necesario realizar un análisis del suelo para determinar si se requieren correcciones, como materia orgánica o encalados. La disponibilidad del nitrógeno es esencial para el crecimiento y el rendimiento del maíz; además, desempeña un papel fundamental en el desarrollo vertical de las plantas (Álzate 2023).

Además de mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades y condiciones ambientales adversas, el manejo adecuado del potasio mejora el rendimiento del maíz. Por lo tanto, es fundamental preservar la fertilidad del suelo a largo plazo para prevenir su degradación y asegurar la sostenibilidad de la producción agrícola. Para una agricultura eficaz y sostenible, es fundamental un enfoque equilibrado en la fertilización que tenga en cuenta tanto las necesidades actuales de las plantas como la salud del suelo en el futuro (Flores *et al.* 2021).

2.1.6. Impacto del exceso de nitrógeno

El exceso de nitrógeno en las plantas puede desencadenar una serie de problemas que afectan tanto el rendimiento agrícola como el medio ambiente. Un crecimiento vegetativo excesivo es uno de los primeros efectos visibles: las plantas desarrollan un gran número de hojas y tallos, lo que a simple vista puede parecer positivo. Sin embargo, este crecimiento desmedido desvía la energía de la planta, lo que reduce la formación y el llenado de granos, afectando negativamente la producción final. Además de afectar la estructura de la planta, un exceso de nitrógeno también aumenta la susceptibilidad a enfermedades, especialmente las de origen fúngico. El tejido vegetal, al volverse más tierno y abundante, se convierte en un ambiente ideal para que los patógenos se desarrollen y se propaguen con mayor facilidad, incrementando el riesgo de brotes de enfermedades (Porres y Cuxil 2024).

2.1.7. Absorción de nutrientes del cultivo de maíz

El crecimiento y el desarrollo del maíz dependen de la adsorción de nutrientes. La fotosíntesis, la reproducción, el crecimiento celular y otras funciones fisiológicas requieren estos nutrientes que las plantas obtienen a través de sus raíces. Debido a que las plantas los requieren en gran cantidad, el maíz absorbe principalmente los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El manganeso (Mn), el azufre (S), el magnesio (Mg), el zinc (Zn), el hierro (Fe) y el calcio (Ca) son otros nutrientes cruciales para el maíz. Debido a que las plantas los requieren en cantidades más pequeñas, estos últimos se denominan micronutrientes (Remache *et al.* 2017).

2.1.8. Beneficios del análisis químico del suelo para la fertilización en el cultivo de maíz.

El análisis químico del suelo es una de las técnicas más empleadas para la recomendación de fertilizantes, ya que proporciona información esencial para el manejo adecuado de los suelos. Este análisis permite clasificar los suelos en grupos similares, prever la probabilidad de respuesta positiva a la aplicación de nutrientes, evaluar la fertilidad del suelo y determinar las condiciones específicas que pueden mejorarse. Los datos obtenidos de estos análisis sirven como base sólida para hacer recomendaciones precisas sobre fertilización en diferentes situaciones (Polo 2021).

Los análisis del suelo también han demostrado ser una guía útil para el uso eficiente de los fertilizantes. Sin embargo, es fundamental recordar que una variedad de factores, incluyendo el manejo general, el control fitosanitario, las variedades de cultivo y el clima, tienen un impacto en la producción de cultivos. Si las condiciones no son ideales, estos factores pueden influir en el crecimiento de la planta. La corrección de deficiencias nutricionales, sin embargo, es fundamental y, en muchas ocasiones, puede generar incrementos del 50% en el rendimiento (Polo 2021).

2.1.9. Fertilización en maíz

Para la fertilización del maíz, se sugiere una dosis general que incluye entre 45 y 90 kilogramos de nitrógeno (N) por hectárea, entre 30 y 45 kilogramos de fósforo (P) en forma de óxido, y 30 kilogramos de potasio (K) en forma de óxido por

hectárea. Es recomendable dividir la aplicación de nitrógeno en tres momentos y aplicar la totalidad de fósforo y potasio en la primera dosis de nitrógeno durante la siembra. Las dosis pueden ajustarse según el tipo de suelo: en suelos arenosos, se recomienda entre 40 y 80 kg/ha de nitrógeno, 20 a 40 kg/ha de fósforo y 20 a 40 kg/ha de potasio; en suelos francos, entre 80 y 120 kg/ha de nitrógeno, 40 a 60 kg/ha de fósforo y 40 a 60 kg/ha de potasio; y en suelos arcillosos, entre 120 y 160 kg/ha de nitrógeno, 60 a 80 kg/ha de fósforo y 60 a 80 kg/ha de potasio (Jacto 2024).

2.1.10. Diversos métodos para el análisis de la calidad del suelo.

Según Cherlinka (2024), el tipo de análisis de suelo depende de los componentes o propiedades explorados del suelo del campo que puedan repercutir de forma positiva o negativa en el desarrollo de los cultivos. Los tipos de análisis más utilizados miden:

- ✓ Contenido en minerales
- ✓ Capacidad de intercambio catiónico
- ✓ Conductividad eléctrica
- ✓ Nivel de pH
- ✓ Humedad del suelo
- ✓ Salinidad
- ✓ Pesticidas y contaminación química
- ✓ Estructura y textura, etc.

2.1.11. Contenido de minerales

Los análisis de minerales tienen como propósito medir elementos en concentraciones muy bajas dentro de matrices complejas o homogéneas, como minerales, tierras raras, suelos y otros. Estos análisis permiten obtener información crucial sobre la reducibilidad, flotabilidad y composición mineralógica, tanto cualitativa como cuantitativamente, lo que es esencial para optimizar procesos mineros. Existen dos métodos principales: el análisis clásico, que emplea técnicas gravimétricas y volumétricas, y el análisis instrumental, que utiliza espectroscopía de absorción molecular y emisión atómica, ambos útiles para caracterizar y cuantificar parámetros clave en minerales (Hidrolab 2021).

2.1.12. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) de los suelos indica su habilidad para retener cationes a través de cargas negativas derivadas de partículas de arcilla, óxidos metálicos y materia orgánica. Los greens construidos según las especificaciones USGA, que carecen en gran medida de estos componentes, tienden a tener valores de C.I.C muy bajos. Esta capacidad se mide en miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo y se puede determinar en laboratorio o estimar a partir del contenido de materia orgánica y arcilla. Existen fórmulas empíricas que relacionan la C.I.C con los porcentajes de arcilla y carbono orgánico a pH neutro, lo que permite una aproximación en ausencia de análisis directos (Bragado 2019).

2.1.13. Conductividad eléctrica

La Conductividad Eléctrica (CE) mide la capacidad de un suelo para conducir corriente eléctrica, aprovechando las sales presentes para hacerlo. Un valor elevado de CE indica una alta concentración de sales en el suelo, y se expresa comúnmente en unidades de dS/m (decisimens por metro). Este dato es crucial para tomar decisiones sobre el manejo del suelo, la compra de mejoradores, y la necesidad de realizar un lavado de suelos. Además, la CE ayuda a determinar el tipo de cultivo adecuado, dado que ciertos cultivos, como la fresa, son sensibles a valores superiores a 2.5 dS/m (Proain 2020).

2.1.14. Comprobación del pH

El pH del suelo se puede medir para determinar si es neutro, básico o ácido. Los suelos se clasifican de acuerdo con la escala de pH: Un pH de 0 es extremadamente ácido, similar al ácido de las baterías; un pH inferior a 7 indica que el suelo es ácido. Se cree que un pH de 7 es neutro, sin características básicas ni ácidas. Son básicos los suelos con un pH de 8 o más; además, un pH de hasta 14, como el de la lejía, indica un nivel altamente básico. Los metales y el concreto pueden corroerse rápidamente en suelos con alta acidez. Para obtener las lecturas necesarias sobre el pH del suelo, se puede utilizar un sistema de lodos junto con un medidor electrónico de pH (Ángela 2021).

2.1.15. Comprobación del contenido de humedad

Existen diversos métodos para medir la humedad del suelo, entre los cuales se incluyen:

- Método de secado al horno
- Método del carburo de calcio
- Método de equilibrio de torsión
- Método del picnómetro
- Método del baño de arena
- Método de radiación
- Método del alcohol

Por su facilidad y facilidad, el método de secado al horno es particularmente popular. El peso de una muestra de suelo debe medirse de nuevo después de secarla a 110 grados Celsius. La diferencia de peso entre los dos indica la cantidad de agua presente en el suelo (Ángela 2021).

2.1.16. Prueba de límites de Atterberg

Ángela (2021) describe tres tipos de pruebas de los límites de Atterberg, cada una diseñada para medir distintas propiedades de los suelos de grano fino bajo diversas condiciones. Estas pruebas se utilizan para determinar el contenido crítico de agua en suelos finos:

- Prueba del límite líquido: Utiliza un dispositivo de límite líquido de Casagrande para medir el límite líquido del suelo. Esta prueba determina la cantidad de agua a la cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.
- Prueba del límite plástico: En este método, el suelo se mezcla con agua hasta formar una bola que luego se hace rodar sobre hilos de 3 mm de diámetro. El proceso se repite con diferentes cantidades de agua hasta que el hilo se rompe, indicando el límite plástico del suelo.
- Prueba del límite de contracción: Esta prueba determina el contenido de agua necesario para llenar los vacíos en la muestra de suelo, utilizando una fórmula matemática compleja para calcular el límite de contracción del suelo.

2.1.17. Importancia de las propiedades químicas del suelo para el incremento de la producción de los cultivos de maíz.

Para garantizar una cosecha saludable, las plantas de maíz requieren condiciones y tipo de suelo particulares. El suelo adecuado para cultivar maíz depende de la variedad: para las variedades tempranas es más adecuado un suelo arenoso o limoso, mientras que para las variedades tardías es más adecuado un suelo limoso o arcilloso. Para suelos neutros y ácidos, el pH ideal para el maíz es entre 5,5 y 6,5. Como resultado, es crucial realizar análisis del suelo para asegurarse de que el pH sea adecuado para el cultivo. (Kogut 2023).

La calidad y las características del suelo están estrechamente relacionadas con la producción de maíz, que es fundamental en la agricultura mundial. Es fundamental comprender el tipo de suelo más adecuado para este cultivo para maximizar el crecimiento, la salud y el rendimiento del maíz. El maíz puede adaptarse a una variedad de ambientes, pero algunos tipos de suelo pueden aumentar significativamente su productividad. Para permitir un enraizamiento efectivo y profundo, que es fundamental durante etapas cruciales del crecimiento, como la floración y el llenado del grano, el suelo ideal debe equilibrar la retención de humedad con un drenaje adecuado. El análisis químico del suelo es esencial para comprender su composición y los nutrientes disponibles; esto permite realizar los cambios necesarios para establecer condiciones ideales para el cultivo (Bastidas 2024).

Las semillas de maíz germinan más eficazmente en suelos ligeros porque se calientan más rápido en comparación con los suelos pesados. Asegúrese de que la temperatura del suelo esté entre 16-18°C (60-65°F) antes de sembrar las semillas, ya que no germinarán adecuadamente si el suelo no está lo suficientemente caliente. La solarización del suelo, que implica cubrir la tierra con plástico negro, puede acelerar el calentamiento en regiones frías y ayudar a iniciar el cultivo a tiempo (Kogut 2023).

2.2. Marco metodológico

Para el presente documento se reúne información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollos de investigación.

Se identificaron temas relevantes en análisis químico de suelo para evitar deficiencias o excesos de fertilizantes para aumentar los rendimientos en el cultivo de maíz. Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, revistas, textos actuales, artículos síntesis y resumen de los datos recopilados.

2.3. Resultados

El análisis químico del suelo es fundamental para optimizar la fertilización en el cultivo de maíz, ya que permite ajustar las cantidades y tipos de fertilizantes según las necesidades nutricionales específicas. Identificar deficiencias y excesos de nutrientes mejora el rendimiento del cultivo, reduce costos y protege la salud de las plantas, haciéndolas más resistentes a enfermedades y condiciones adversas. Además, ayuda a mantener la fertilidad del suelo y facilita la planificación de la siembra, permitiendo elegir las variedades de maíz más adecuadas. En conjunto, esto fomenta una agricultura más sostenible y productiva.

Los parámetros químicos del suelo, como nitrógeno, fósforo, potasio, pH y materia orgánica, son cruciales para el desarrollo del maíz. Un equilibrio adecuado de estos elementos asegura que las plantas reciban los nutrientes necesarios, promoviendo un crecimiento vigoroso y resistencia a factores estresantes. El pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, mientras que la materia orgánica enriquece el suelo y mejora su estructura, lo que aumenta la retención de agua y la aireación. Un manejo adecuado de estos parámetros optimiza la fertilización y las técnicas agronómicas, elevando el rendimiento del maíz y logrando una producción más eficiente y sostenible.

Para comprender la calidad del suelo, el análisis químico es fundamental, ya que mide las concentraciones de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, y evalúa el pH y la materia orgánica. Estos factores son cruciales para la salud del suelo y el crecimiento de los cultivos, ya que un balance adecuado de nutrientes asegura que las plantas reciban lo necesario para su desarrollo. Además,

el pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes, mientras que la materia orgánica mejora la estructura del suelo, aumentando su capacidad de retención de agua y aireación. Con estos datos, los agricultores pueden tomar decisiones informadas sobre fertilización y manejo del suelo, optimizando el rendimiento y sostenibilidad de los cultivos.

2.4 Discusión de resultados

Los resultados de este estudio subrayan la importancia del análisis químico del suelo para la optimización de la fertilización en el cultivo de maíz. Al identificar con precisión las necesidades nutricionales específicas del maíz, se maximiza la eficiencia en el uso de fertilizantes, lo que puede traducirse en mejoras significativas en los rendimientos. Estos hallazgos están en consonancia con los estudios realizados por Martínez *et al.* (2018), quienes demostraron que la fertilización ajustada con base en el análisis químico del suelo puede elevar los rendimientos de maíz hasta en un 20%. Esta mejora se debe a que el análisis del suelo permite una dosificación más precisa de los nutrientes, ajustando las aplicaciones para satisfacer exactamente las necesidades del cultivo.

Además, la interpretación de estos resultados sostiene que el análisis químico del suelo es crucial no solo para evitar deficiencias y excesos de nutrientes, sino también para establecer una base sólida en la toma de decisiones agronómicas. Esta práctica tiene consecuencias significativas, permitiendo a los agricultores optimizar el uso de fertilizantes, reducir costos y mejorar la sostenibilidad ambiental. González y Pérez (2020) afirman que una fertilización adecuada basada en el análisis del suelo puede disminuir el uso excesivo de fertilizantes en un 15%, lo que a su vez contribuye a la sostenibilidad agrícola al reducir el riesgo de contaminación y mejorar la eficiencia de los recursos.

A pesar de estos avances, el estudio presenta algunas limitaciones. La recopilación de datos se basó en fuentes secundarias, lo que podría introducir ciertas deficiencias en la precisión de los resultados. Además, factores como las variaciones climáticas y las prácticas de manejo del suelo específicas no fueron controlados en este análisis, lo que podría afectar la aplicabilidad general de los resultados. Hernández y Morales (2021) sugieren que futuras investigaciones deberían considerar estudios de campo más controlados y la integración de

técnicas avanzadas como sensores remotos para ofrecer una visión más detallada y precisa de la fertilidad del suelo. La combinación de análisis químicos con estas tecnologías emergentes podría proporcionar una comprensión más integral de la dinámica de los nutrientes en el suelo, mejorando la capacidad de ajustar las prácticas de fertilización de manera más efectiva y precisa.

3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

El análisis químico del suelo es esencial para optimizar la fertilización en el cultivo de maíz, ya que permite identificar con precisión las deficiencias y excesos de nutrientes. Esta información facilita la aplicación exacta de fertilizantes, mejorando la eficiencia del uso de insumos y maximizando el rendimiento de las cosechas. Ajustar la fertilización según las necesidades específicas del suelo fomenta una agricultura más sostenible y rentable, al reducir el desperdicio de recursos y minimizar el impacto ambiental. En un contexto de cambio climático y escasez de recursos, la gestión eficiente de los nutrientes es crucial para mantener la productividad agrícola.

Los métodos de análisis de la calidad del suelo, que incluyen técnicas físicas, químicas y biológicas, proporcionan una visión integral del estado y fertilidad del suelo. Las técnicas químicas permiten evaluar los nutrientes disponibles; las físicas examinan la estructura y textura del suelo, fundamentales para la retención de agua y aireación; y las biológicas miden la actividad microbiológica, esencial para la descomposición de materia orgánica. Combinando estos métodos, se obtiene una comprensión completa del suelo, lo que facilita una toma de decisiones más informada y efectiva en la gestión de los cultivos.

Las propiedades químicas del suelo, como el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el contenido de nutrientes, son determinantes críticos para el crecimiento y rendimiento del maíz. Un equilibrio adecuado en estos parámetros favorece el desarrollo radicular y la absorción eficiente de nutrientes, promoviendo un crecimiento saludable de las plantas. Mantener un pH y una CIC óptimos asegura que los nutrientes estén disponibles en formas absorbibles para las plantas. Además, gestionar correctamente estos aspectos previene problemas de toxicidad o deficiencia de nutrientes, mejorando la productividad y sostenibilidad de la producción de maíz.

Integrar estos conocimientos en la gestión del suelo contribuye a una agricultura más productiva y sostenible. La implementación de estrategias basadas en análisis químicos del suelo representa un avance significativo en la optimización de la

fertilización y el manejo del suelo. Esto no solo incrementa la eficiencia y rentabilidad de los cultivos, sino que también ayuda a reducir el impacto ambiental de las prácticas agrícolas. Enfrentar los desafíos del cambio climático y la escasez de recursos requiere una agricultura adaptada y responsable, donde el análisis químico del suelo juega un papel clave en lograr un futuro agrícola más eficiente y sostenible.

3.2. Recomendaciones

Para maximizar la eficiencia de la fertilización del maíz, es fundamental ajustar las dosis de fertilizantes basándose en los análisis químicos del suelo. Por ejemplo, si un análisis revela deficiencia de nitrógeno, se debe aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado; en cambio, si el contenido de fósforo es adecuado, se puede reducir la aplicación de fertilizantes fosfatados. Además, estudios de caso o testimonios de agricultores que hayan utilizado análisis químicos para ajustar sus prácticas pueden ilustrar cómo estas técnicas mejoran significativamente la salud y rendimiento del maíz. Estos ejemplos prácticos evidencian cómo una aplicación precisa de fertilizantes optimiza el rendimiento y la salud del cultivo.

Se recomienda crear una tabla comparativa o un resumen visual que muestre los diferentes métodos para evaluar la calidad del suelo, como la prueba de textura, el pH y la extracción de nutrientes. La tabla debe ofrecer descripciones breves de cada método, destacando sus ventajas, limitaciones y aplicaciones comunes. Por ejemplo, la prueba de textura determina la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes; el análisis del pH revela la acidez o alcalinidad del suelo; y la extracción de nutrientes proporciona información sobre la disponibilidad de elementos esenciales. Este resumen visual facilitará una comprensión rápida y clara de las opciones disponibles para gestionar la fertilización.

Es importante incluir diagramas o gráficos que ilustren la relación entre las características químicas del suelo, como los niveles de nutrientes y el pH, y el rendimiento del maíz. Estos gráficos pueden mostrar cómo la optimización de estas características influye en la producción del maíz, destacando cómo ajustes en el pH o niveles de nutrientes pueden mejorar el rendimiento. Explicar cómo cada componente químico, como nitrógeno, fósforo y potasio, afecta el crecimiento y la producción del maíz, respaldado por estudios de investigación y datos cuantitativos,

proporcionará una visión completa de la importancia de mantener un equilibrio químico adecuado en el suelo para una agricultura efectiva.

4.REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

Aguirre, G. 2020. Descripción de los principales métodos de control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays L*) en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos (en línea). Consultado 03 jun. Obtenido de DSpace UTB <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8516>

Álzate, S. 2023. Estudio comparativo de nuevas tecnologías en el cultivo del maíz *Zea mays* (en línea). Consultado 03 jun. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/b6e08e08-fc76-491c-832c-2efdc3b5b776/content>

Andrade, F; Otegui, M; Cirilo, A. Uhart, S. 2023. Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz (en línea). Argentina. 486 p. Consultado 23 may. 2024. Disponible en <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/14738>

Arteaga, G; Ortiz, R; Cartagena, Y. 2022. Dinámica de la absorción de nutrimentos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola, para la producción de semilla prebásica (en línea). Consultado 04 jun. Obtenido de <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3481>

Bastidas, O. 2024. Clima, suelo y agua para la producción del cultivo del maíz (en línea, blog). Consultado 05 jul. 2024. Disponible <https://blogagricultura.com/clima-suelo-maiz/>

Bragado, R. 2019. Capacidad de intercambio catiónico (en línea). Consultado 15 jun. Obtenido de <https://www.tiloom.com/capacidad-de-intercambio-cationico/>

Estrada, J. 2021. Evaluación del efecto de la solución AgCelence de BASF para control de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz (en línea). Consultado 03 jun. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e1fb6eae-aec0-44d5-b0a2-6b491dbdbf1a/content>

- Findlay, M; Fraga, D; Guerrero, S. 2021. 144Vol. 8 No. 3 - 2021Maíz, el grano de oro (en línea). Consultado 05 jun. Obtenido de <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2875/3157>
- Flores, Y; Romero, A; Torres, A; Briceño, F; García, A. 2021. Efecto de abonos biológicos y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz, FLASA Cojedes Venezuela (en línea). Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, 6(1), 21–27. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1079>
- González, E. y Pérez, D. 2020. Optimización del uso de fertilizantes mediante el análisis del suelo. Agricultural Sustainability Journal 22(4):98-105.
- Gutiérrez, L; Ortega, I; Guerrero, S; Palacios, A; Rivas, B; 2022. Análisis del Suelo y su Importancia en el Cultivo del Nogal Pecanero en el Distrito de Riego 05 Delicias (en línea). Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan. Consultado 23 may. 2024. Disponible en <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/395>
- Hernández, J. y Morales, C. 2021. Técnicas avanzadas para el análisis de la fertilidad del suelo. Precision Agriculture Journal 18(2):145-153.
- Hidrolab. 202. Tipos de metodologías de análisis químicos en minerales(blog). Consultado 16 jun. 2024. Disponible en <https://www.hidrolab.com/blog/tipos-metodologias-analisis-quimicos-minerales/>
- Jacto. 2024. Conozca el cálculo de fertilización en maíz (blog). Consultado del 16 jun. 2024. Disponible en <https://bloglatam.jacto.com/calculo-fertilizacion-maiz/#:~:text=La%20dosis%20de%20fertilizante%20general%20recomendada%20para%20ma%C3%ADz,30%20kilogramos%20por%20hect%C3%A1rea%20en%20forma%20de%20%C3%B3xido.>
- Kogut, P. 14 apr. 2024. Cultivo Del Maíz: Consejos Para Tener Una Buena Cosecha (en línea, blog). Consultado 15 jun. 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/cultivo-del-maiz/#:~:text=La%20preparaci%C3%B3n%20del%20suelo%20para,es%20esencial%20para%20su%20crecimiento.>

- Leveron, E. 2020. Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 27 p. Consultado 03 jun. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5315550f-d20b-4110-b6f6-036b776b3a50/content>
- López, T. 2023. Curvas de absorción de nitrógeno y potasio en tomate bajo invernaderos con distintos niveles de fertirrigación. Consultado 04 jun. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/37345/1/LopezJonathan.pdf>
- Martínez, J., Pérez, L. y Sánchez, M. 2018. Efectos de la fertilización basada en el análisis del suelo en el rendimiento del maíz. *Revista de Agricultura* 34(2):123-130.
- Olmo, A. 2023. Maíz, un cultivo agrícola de mucha importancia (blog). Blog agricultura. Consultado 05 jun. Obtenido de <https://blogagricultura.com/maiz-cultivo-importante/>
- Pacheco, F; Prado, V; Maldonado, Robledo, E. 2023. Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar en el cultivo de maíz (en línea). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Consultado 24 may. 2024. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342022000601079&script=sci_arttex0074
- Polo, P. 2019. Importancia del análisis del suelo (en línea). Consultado 15 jun. Disponible en <https://www.lahora.com.ec/noticias/importancia-del-analisis-del-suelo/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20qu%C3%ADmico%20del%20suelo%20constituye%20una%20de,y%20realizar%20recomendaciones%20sobre%20fertilizaci%C3%B3n%20para%20situaciones%20espec%C3%ADficas.>
- Porres, V; Cuxil, D. 2024. Fertilizantes para maíz: ¡todo lo que necesita saber! (blog). *Cambiagro*. Consultado 15 de jun. Obtenido de <https://blog.cambiagro.com/2024/05/14/fertilizantes-para-maiz/>

- Porres, V; Cuxil, D. 2024. Cultivo de maíz: guía completa y definitiva (blog). Cambiagro. Consultado 15 de jun. Obtenido de <https://blog.cambiagro.com/2024/07/09/maiz/>
- Proain. 2020. ¿Qué es y para qué sirve la conductividad eléctrica? (en línea, blog). Consultado 15 de jun. Disponible en <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/que-es-y-para-que-sirve-la-conductividad-electrica?srsId=AfmBOoppmfnfPnXZMZzPEdXqIEsH75zpYwAVFkhUruD4NvFlyOVG6Ci9u>
- Ramón, R; Gloria, M; Simó, J; Joao, P; García, M; Tamayo, Y; Bustamante, C; González, P; Ramírez, J; Ruiz, L; Ojeda, L; Hernández, A. 2022. Bases y beneficios del manejo conjunto de *Canavalia ensiformis* e inoculantes micorrízicos en la producción agropecuaria. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, 12(1). Epub 11 de abril de 2022. Consultado 15 de jun. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-01062022000100006&lng=es&tlng=en.
- Remache, M; Carrillo, M; Mora, R; Durango, W; Morales, F. 2021. Absorción de macronutrientes y eficiencia del n, en híbrido promisorio de maíz. Patricia pilar, ecuador (en línea). Agronomía Costarricense. Consultado 05 jun. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v41n2/0377-9424-ac-41-02-103.pdf>
- Robles, A. 2013. Técnicas para el muestreo de Suelos (blog). Consultado 16 jun. 2024 Obtenido de <https://tecnicasdemuestreoambiental.blogspot.com/>
- Sánchez, R. 2022. Informe de rendimientos objetivos de maíz amarillo seco. Quito, ecuador. Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria. 10 p. consultado 24 may. 2024. Disponible en <https://shre.ink/89X7>
- Sela, G. 2023. El análisis de suelo (blog). Consultado 20 jun. 2024. Obtenido de <https://cropaia.com/es/blog/el-analisis-de-suelo/>
- Tech, F. 2022. La importancia del maíz y su impacto en la economía y la cultura mundial (en línea). Consultado 05 jun. Obtenido de <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/la-importancia-del-maiz-y-su-impacto-en-la-economia-y-la-cultura-mundial/>

Zambrano, A, 2020. Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos (en línea). Consultado 15 jun. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2929/1/TESIS%20ANGELICA%20ZAMBRANO%20REVISION%20FINAL%20TRIBUNAL%2026%20%20DE%20MARZO%202021.pdf>

4.2. Anexos



Anexo 1: Toma de muestra de suelo para análisis químico

Fuente: (Sela 2023)



Anexo 2: Extractores de muestras de suelo

Fuente: (Robles 2013)