



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Trabajo de Integración curricular, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

Determinación de las propiedades químicas de suelos agrícolas erosionados en la zona de Cedege -Babahoyo

AUTORA:

Lourdes Fiorella Mora Briones

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon González Chica, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	II
ÍNDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contextualización de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos de investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis	4
CAPITULO II.- MARCO TEORICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1 El suelo.....	6
2.2.2 Importancia del suelo	7
2.2.3 Componentes del suelo	7
2.2.4 Propiedades Químicas.....	9
2.2.4.1 pH	9
2.2.4.1.1 pH Ácido.....	9
2.2.4.1.1.2 pH Alcalino o básico	10
2.2.4.2 Fertilidad del suelo	10
2.2.4.3 Capacidad de Intercambio Catiónico	11

2.2.4.4 Conductividad eléctrica	12
2.2.5 Macroelementos	12
2.2.5.1 Nitrógeno	12
2.2.5.2 Potasio	13
2.2.5.3 Azufre	13
2.2.5.4 Calcio	14
2.2.5.5 Magnesio	14
2.2.5.6 Fosforo	14
2.2.6 Microelementos	15
2.2.6.1 Cobre	15
2.2.6.2 Manganeseo	15
2.2.6.3 Zinc	16
2.2.6.4 Hierro	16
2.2.7 Erosión	16
2.2.7.1 Concepto	16
2.2.8 Tipos de erosión	17
2.2.8.1 Erosión hídrica	17
2.2.8.2 Erosión Eólica	17
2.2.8.3 Erosión antropogénica	18
2.2.9 Análisis de suelo	18
2.2.10 Importancia del análisis del suelo	18
CAPITULO III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y diseño de investigación	20
3.2. Operacionalización de variables	20
3.3. Población y muestra de investigación	21

3.3.1. Población.....	21
3.3.2. Muestra	21
3.4. Técnicas e instrumentos de medición.....	21
3.4.1. Técnicas	21
3.4.2. Instrumentos.....	21
3.4.3. Diseño experimental	21
3.4.4. Recolección de datos	22
3.4.4.1. Análisis estadístico.....	22
3.4.5. Datos evaluar	22
3.4.6 Variables estudiadas	22
3.5. Procesamiento de datos	24
3.6. Aspectos éticos.....	24
CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Resultados	26
4.1.1. POTENCIAL HIDRÓGENO – PH	26
4.1.2. Capacidad de intercambio catiónico – CIC.....	27
4.1.3. Conductividad Eléctrica - CE	28
4.1.4. Macroelementos.....	30
4.1.5. Microelementos	31
4.2. Discusión.....	32
CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
5.1. Conclusiones.....	35
5.2. Recomendaciones.....	36
REFERENCIAS	37
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del suelo.....	8
Figura 2 Disponibilidad de nutrimentos respecto al pH del suelo.	9
Figura 3 Fertilidad del suelo.....	11

RESUMEN

En Los Ríos, la agricultura es la actividad económica predominante y ha experimentado una notable evolución en términos de cultivos, variedades, métodos y herramientas utilizadas a lo largo del tiempo. Un impacto significativo en el entorno en el que está presente y desempeña un papel crucial en las actividades sociales y económicas de las personas que residen en esa región, ejerciendo diversos niveles de presión sobre el suelo y provocando su deterioro. En este sentido la investigación busco: identificar la propiedades química de los suelos erosionados en la zona de CEDEGE Babahoyo. Para el efecto se tomaron muestras en 30 predios agrícolas dentro de la zona del Proyecto CEDEGE-Babahoyo, como requisito primordial la siembra de cultivos de ciclo corto. Se utilizaron variables cuantitativas continuas y estadística inferencial (prueba de t, media, probabilidad). Para la selección de las fincas se empleó el método de muestreo sistemático-estratificado. Las variables estudiadas fueron: Potencial Hidrogeno, Capacidad de intercambio catiónico, Conductividad Eléctrica, Macroelementos y Microelementos. La colecta de datos se realizará una vez que las muestras hayan pasado por su proceso de desecación mediante el método de estufa y secado al aire. Los niveles de pH en los sectores muestreados presentan rangos que se sitúan entre moderadamente ácidos y prácticamente neutro, en el caso de los rangos de CIC se encuentran dentro de los considerados niveles medios. Los rangos de CE muestran valores con problemas en todas las zonas evaluadas. Los niveles de los macroelementos como nitrógeno, fosforo y azufre, así como potasio, son adecuados para los suelos del sector; sin embargo, los niveles de calcio y magnesio pueden considerarse no adecuados. Los valores de los microelementos zinc y boro están dentro del promedio; sin embargo, los niveles de hierros, cobre y manganeso pueden considerarse tóxicos para los cultivos.

Palabras claves: Erosión de suelos, baja productividad, microelementos del suelo, macroelementos del suelo.

ABSTRACT

In Los Ríos, agriculture is the predominant economic activity and has experienced a notable evolution in terms of crops, varieties, methods, and tools used over time. A significant impact on the environment in which it is present and plays a crucial role in the social and economic activities of the people residing in that region, exerting various levels of pressure on the soil and causing its deterioration. In this sense, the research sought to: identify the chemical properties of the eroded soils in the CEDEGE Babahoyo area. For this purpose, samples were taken in 30 agricultural properties within the CEDEGE-Babahoyo Project area, as a primary requirement the planting of short-cycle crops. Continuous quantitative variables and inferential statistics (t test, mean, probability) were used. The systematic-stratified sampling method was used to select the farms. The variables studied were Hydrogen Potential, Cationic Exchange Capacity, Electrical Conductivity, Macroelements and Microelements. Data collection will be carried out once the samples have gone through the drying process using the oven and air-drying method. The pH levels in the sampled sectors present ranges that are between moderately acidic and practically neutral, in the case of the CEC ranges they are within what are considered medium levels. The EC ranges show values with problems in all the areas evaluated. The levels of macroelements such as nitrogen, phosphorus, and sulfur, as well as potassium, are adequate for the soils of the sector; however, calcium and magnesium levels may be considered inadequate. The values of the microelements zinc and boron are within the average; however, the levels of iron, copper and manganese can be considered toxic to crops.

Keywords: Soil erosion, low productivity, soil microelements, soil macroelements

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización de la situación problemática

La Pedología o Edafología representa una subdisciplina dentro de las ciencias del suelo que ocupa de integrar y cuantificar aspectos como la distribución, morfología, génesis y clasificación de los suelos como elementos naturales en el paisaje. En los países desarrollados, esta ciencia paso una crisis motivada por diversas razones, incluyendo la finalización de inventarios detallados de un esfuerzo para armonizar los diversos esquemas de clasificación en uso y para desarrollar inventarios y mapas de suelos comunes. En estas naciones, las principales preocupaciones en términos de degradación del suelo se centran en la erosión y la contaminación derivada de actividades industriales y urbanas (Mora 2019).

La erosión se refiere a un proceso en el que pierde la capa superficial del suelo, la cual es importante para proporcionar a las plantas la mayoría de los nutrientes y aguas necesarios. Cuando esta capa fértil se desplaza, la productividad de la tierra tiende a disminuir, resultando en la pérdida de un recurso esencial para los agricultores en la producción de alimentos. A diferencia del viento o la luz del sol, el suelo es un recurso finito y no renovable que está atravesando una degradación acelerada (Tarakanov 2022).

La degradación del suelo amenaza la sostenibilidad global de los ecosistemas agrícolas y la productividad de la tierra, afectando alrededor de 1900 millones de hectáreas, que representan al 65% de los recursos edáficos mundiales. La erosión del suelo, es responsable del 85 % de la degradación, es el principal factor que contribuye. Alrededor de 1500 millones de personas, el 25% de la población mundial, depende directamente de la producción de los alimentos en tierras degradadas. Los sistemas agrícolas a nivel mundial pierden mas de 36000 millones de toneladas de suelo fértil anualmente debido a la erosión. El valor económico relacionado a este problema se estima en 400 000 millones de dólares

estadounidenses al año, tanto dentro como fuera de las explotaciones agrícolas (IAEA s.f.).

Ecuador ha atravesado y continúa atravesando diversos procesos erosivos, lo cual lo convierte en un lugar donde la erosión se destaca como uno de los principales factores de degradación de los recursos naturales en especial del suelo. Cerca del 50 % del Ecuador continental se ve afectado por este fenómeno. En la Sierra, la erosión está presente de manera activa muy activa, extendiéndose en numerosos lugares. Además, en la parte occidental de la Costa y en menor medida en los principales ejes de colonizando en la Región Amazónica, se observa una erosión más localizada, pero e rápido desarrollo en la actualidad (Cedig 1986).

Las propiedades químicas abarcan la composición y reacciones, considerando fases abióticas como sólidos, líquidos y gases, junto con la fase biótica que incluye organismos vivos. Este sistema dinámico permite la constante movilidad de iones y moléculas entres sus fases, generando interacciones. Las mismas centran en las concentraciones y proporciones de especies en el agua del suelo y el complejo de intercambio iónico. Factores como la capacidad de intercambio catiónico, pH, conductividad eléctrica son cruciales, afectando la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento vegetal, la gestión de contaminantes y la actividad biológica (LibreTexts 2022).

1.2. Planteamiento del problema

La determinación de las propiedades químicas de los suelos erosionados de la zona de Cedege. Babahoyo se plantea una problemática de mucho interés debido a la importancia agrícola de esta región. La erosión del suelo, es el resultado de diversas prácticas agrícolas y factores climáticos, que amenaza la fertilidad y productividad del suelo, ocasionando daño en la capacidad de sustento de la población local. Este fenómeno puede generar consecuencias ambientales significativas, como la perdida de nutrientes esenciales, la degradación de la estructura del suelo y la disminución de la capacidad de retención de agua.

Además de esto la crisis de la erosión en suelos agrícolas de la zona de investigación plantea desafíos particulares en términos de sostenibilidad agrícola y seguridad alimentaria. La constante pérdida del suelo fértil no solo impacta la capacidad de producción agrícola actual, sino que se plantea interrogantes sobre la capacidad de regeneración natural del suelo y la implementación de las prácticas agrícolas sostenibles en el futuro. La investigación de las propiedades químicas de estos suelos erosionados. Este tema de investigación de las propiedades químicas de los suelos erosionados se convierte en un paso fundamental para comprender la magnitud del problema y para poder proponer estrategias efectivas de conservación y restauración.

1.3. Justificación

La zona de Cedege- Babahoyo es un área agrícola muy importante para la región y los problemas con la erosión del suelo que representa una amenaza directa para sostenibilidad de la agricultura local, afectando negativamente la productividad de los cultivos y comprometiendo la seguridad alimentaria. El poder entender más a fondo las propiedades químicas de estos suelos erosionados se presenta como un paso crítico para diseñar estrategias de manejo y conservación del suelo específico, con la finalidad de mitigar los efectos de la erosión y fomentar prácticas agrícolas más resilientes y sustentables.

Este proyecto de investigación no solo se abordó una problemática local apremiante, sino que también contribuyó al conocimiento científico sobre la interacción entre la erosión y las propiedades del suelo en contexto agrícola. Los resultados obtenidos no solo son de utilidad para los agricultores y las autoridades locales, sino que también pueden informar prácticas de manejo del suelo en otras regiones con desafío similares, consolidando así la importancia y relevancia de esta investigación en el ámbito académico y aplicado.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo general

Identificar las propiedades químicas de los suelos agrícolas erosionados en la zona Cedege- Babahoyo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer las propiedades químicas de los suelos agrícolas en la zona Cedege cantón Babahoyo.
- Correlacionar la afectación de las propiedades químicas con los niveles de erosión presenten en los suelos del sector.
- Determinar alternativas de manejos de los suelos erosionados en el sector.

1.5. Hipótesis

Ho: El análisis de las propiedades químicas del suelo del sector Cedege no generará información relevante en los aspectos de los suelos agrícolas erosionados.

Hi: El análisis de las propiedades químicas del suelo del sector Cedege generará información relevante en los aspectos de los suelos agrícolas erosionados.

CAPITULO II.- MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Los estudios anteriores de la zona han abordado principalmente aspectos químicos de la erosión del suelo, dejando a un lado el estudio de la comprensión de las propiedades químicas que podrían estar afectadas. La investigación actual busca llenar este vacío, centrándose en la determinación de las propiedades químicas de los suelos agrícolas erosionados en la zona CEDEGE, Cantón Babahoyo.

La importancia de este estudio radica en su aportación al conocimiento sobre la relación entre la erosión del suelo y sus consecuencias biológicas. La identificación de cómo la actividad química y otras propiedades influyen en la capacidad de regeneración del suelo puede generar información valiosa para el desarrollo de estrategias de un mejor manejo sostenible.

El suelo es un entorno dinámico donde se desarrollan procesos ecosistémicos esenciales para el crecimiento de los cultivos. La erosión del suelo impacta negativamente en su productividad al perturbar propiedades y complejas interacciones físicas, químicas y biológicas en el pedón. En este contexto, el primer horizonte del perfil del suelo adquiere gran relevancia debido a sus características específicas. Sin embargo, la naturaleza del subsuelo desempeña un papel crucial para comprender la magnitud del impacto de la erosión (Brunel y Seguel 2011).

En Los Ríos, la agricultura es la actividad económica predominante y ha experimentado una notable evolución en términos de cultivos, variedades, métodos y herramientas utilizadas a lo largo del tiempo. En la actualidad, gracias al avanzado nivel tecnológico, tareas como la siembra, cosecha y trilla se realizan de manera eficiente y con altos niveles de producción. La degradación del suelo agrícola presenta una limitación significativa, lo que destaca la necesidad de implementar prácticas de manejo orientadas a su recuperación (Salazar 2022).

La degradación del suelo se ha convertido en un problema ambiental de interés creciente a nivel internacional. La intensificación de la actividad agrícola es una de las principales causas de esta degradación, pero se puede revertir mediante la implementación de prácticas como rotaciones de cultivos, labranzas conservacionistas, forestaciones o la incorporación de pasturas. El objetivo de este estudio consistió en analizar las variaciones en los niveles de carbono orgánico total (COT), nitrógeno potencialmente mineralizable (NAN), conductividad eléctrica (CE) y pH (Rodríguez et al 2015).

2.2. Bases teóricas

2.2.1 El suelo

Según el Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA), el suelo representa el entorno natural propicio para el desarrollo de plantas terrestres. De manera más formal, se define como un cuerpo natural compuesto por sólidos, líquidos y gases que se manifiestan en la superficie terrestre, ocupando un espacio y caracterizándose por horizontes o capas distintas de la roca madre. Estas diferencias resultan de adiciones, pérdidas, transferencias de energía y transformaciones de materia. Asimismo, se destaca la capacidad del suelo para sustentar el crecimiento de plantas en un entorno natural (Hernandez 2019).

El suelo, esencial para la vida en la Tierra, actúa como hábitat fundamental para la mayoría de los organismos. Combinando materia orgánica viva y en descomposición, que abarca desde restos de plantas hasta insectos y lombrices, presenta una sustancia oscura y densa acumulada a lo largo de los siglos en las capas superficiales. Esta mezcla incluye materia inorgánica derivada de la meteorización, con elementos cruciales como fósforo, azufre y nitrógeno, determinantes para la fertilidad del suelo y el éxito de cultivos específicos (ConceptoDefinicion 2023).

Asimismo, tiene un impacto significativo en el entorno en el que está presente y desempeña un papel crucial en las actividades sociales y económicas de las personas que residen en esa región, ejerciendo diversos niveles de presión sobre el suelo y provocando su deterioro (Altamarino 2019).

2.2.2 Importancia del suelo

El suelo, un recurso natural limitado y no renovable, desempeña diversas funciones ecosistémicas. Participa activamente en los ciclos biogeoquímicos de elementos esenciales para la vida, como el carbono y el nitrógeno, facilitando constantes transferencias entre sistemas vivos y componentes no vivos del planeta. A pesar de su contribución ambiental, el suelo es reconocido principalmente como la base natural crucial para la producción de alimentos y materias primas. Estos recursos son esenciales para el sustento y desarrollo de la sociedad a nivel global (Burbano 2016).

Menos del 30% de la superficie terrestre del planeta tierra ha sido utilizada por los humanos, convirtiéndose en un recurso natural muy importante que enfrenta considerables presiones en diferentes partes del mundo. Es esencial tener una comprensión exacta del uso de los espacios específicos y evaluar su idoneidad. En los últimos años, se han descubierto avances significativos en las técnicas de análisis y representación cartográfica empleada en el estudio del uso de los suelos, y se ha observado un incremento en el tamaño de las áreas bajo investigación (Insua, Izquierdo 2015).

Sin embargo, los suelos presentan una diversidad de tipos y sus propiedades no siempre son propicias para la producción de los nutrientes esenciales para el crecimiento saludable de los cultivos, dado que exhiben variaciones en color, textura y propiedades químicas. Además, las partículas que conforman el suelo pueden variar en tamaño, y la combinación de estos factores proporciona una indicación de su nivel de fertilidad. Por consiguiente, es lógico inferir que la eficacia de la actividad agrícola dependerá en gran medida del conocimiento acerca de los tipos de suelo utilizados (Cherlinka 2020).

2.2.3 Componentes del suelo

Según Panozzo (2016) El suelo está conformado principalmente por cuatro elementos fundamentales: las rocas (minerales), el agua, el aire y la materia orgánica (compuesta por hojas y animales en descomposición) (figura 1). Sin embargo, un quinto componente, a menudo pasado por alto, es la vida que habita

en la tierra. Todos los suelos contienen una combinación de estos cinco elementos esenciales, y en muchos casos, es posible ajustar la composición para mejorar las condiciones y hacerlos más propicios para el crecimiento de la vida vegetal.

- **Agua y aire**

Son elementos cruciales para el suelo, donde el aire, en lugar de ser sólido o líquido, consiste en una mezcla gaseosa natural presente en la atmósfera terrestre. El agua, esencial para la supervivencia de las plantas, varía en retención según el tipo de suelo, siendo los suelos arcillosos especialmente eficientes en retener agua en comparación con otros tipos de suelos.

- **Minerales**

Constituyen la parte predominante de la composición del suelo y provienen de rocas y minerales inorgánicos. Por ejemplo, la arena, compuesta por pequeños fragmentos de cuarzo y otros minerales, por sí sola carece de los nutrientes necesarios para las plantas.

- **Materiales orgánicos y biológicos**

En el suelo derivan de plantas y animales en descomposición. A través de este proceso, la materia orgánica se descompone, transformándose en nutrientes que las plantas pueden absorber y utilizar.

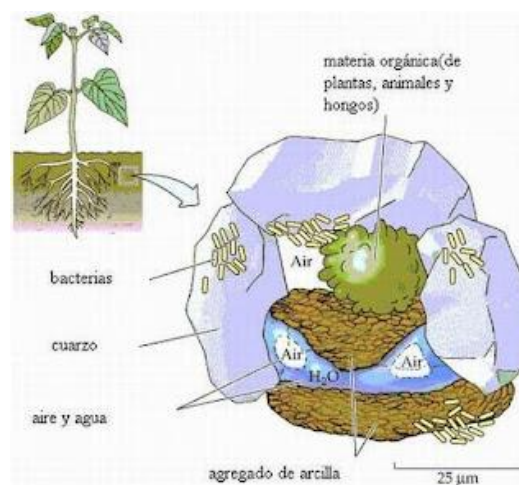


Figura 1 Componentes del suelo
Fuente: (Panozzo 2016)

2.2.4 Propiedades Químicas

2.2.4.1 pH

El pH del suelo, que varía de 0.0 a 14.0, indica la acidez o alcalinidad en la solución donde las raíces de las plantas obtienen nutrientes cruciales. Este parámetro es clave para múltiples propiedades del suelo, impactando en la disponibilidad de nutrientes esenciales. Mantener un pH específico es vital para asegurar la máxima disponibilidad de nutrientes, ya que por debajo pueden surgir deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre o magnesio, y por encima se reduce la disponibilidad de micronutrientes como hierro, manganeso, cobre o zinc (Figura 2) (Intagri 2014).

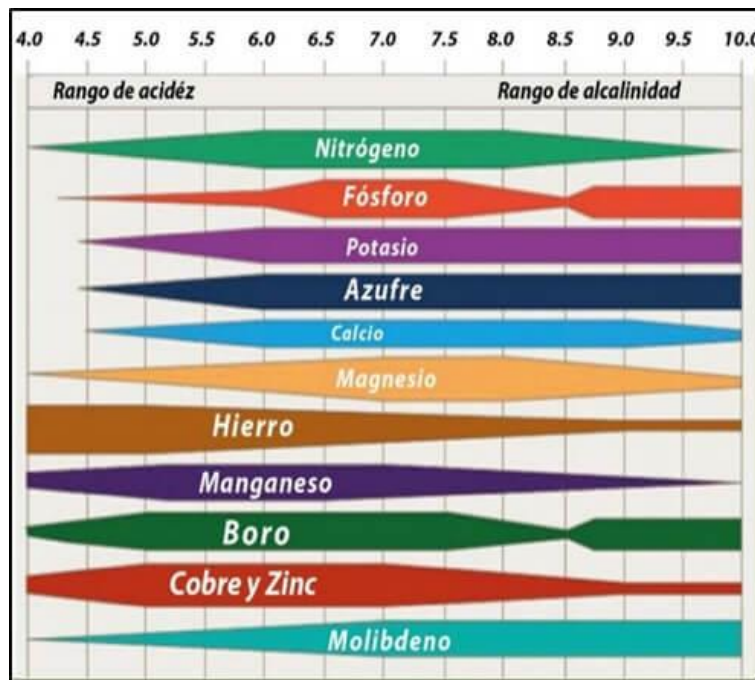


Figura 2 Disponibilidad de nutrimentos respecto al pH del suelo.
Fuente: (Castellanos 2014).

2.2.4.1.1 pH Ácido

Según Toledo (2016) Cuando el pH está en 5.5 en los suelos es inferior, lo cual limita la disponibilidad de nutrientes esenciales en las plantas, como magnesio, calcio, molibdeno y fósforo los vuelve deficientes. En cambio, cuando tiene un nivel

de acides alto libera elementos como el hierro, aluminio y manganeso, que se vuelve tóxicos para las plantas.

2.2.4.1.1.2 pH Alcalino o básico

Según Tasilla (2021) Cuando la medición del pH es superior a 7 tiene un nivel de alcalinidad excesivo reduce la disponibilidad de hierro, boro, zinc, manganeso y fosforo limitando. El fosforo es el que se mayormente afectado siendo más aprovechable con niveles de pH entre 6 y 6.5. Fuera de este rango se une a aluminio, hierro, magnesio y zinc (en suelos ácidos) o a calcio (en suelos alcalinos). Para ser absorbidos se necesita hacer altas aplicaciones de fertilizantes.

2.2.4.2 Fertilidad del suelo

La capacidad del suelo para respaldar el desarrollo de las plantas y mejorar el rendimiento de los cultivos define la fertilidad del terreno. Este atributo puede ser mejorado mediante la aplicación de fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos, que proporcionen nutrientes esenciales al suelo (IAEA s.f.).

Los suelos fértiles (figura 3) desempeñan un papel crucial en la mitigación de riesgos para la salud humana asociados con la producción de cultivos, ya que requieren menos aplicaciones de fertilizantes y pesticidas. Sus características incluyen una riqueza en materia orgánica, una elevada Capacidad de Intercambio Cationico (CIC), un pH adecuado entre 6.0 y 7.0, un buen drenaje, bajos niveles de salinidad y una estructura sólida con bajo riesgo de erosión. Además, estos suelos mantienen nutrientes disponibles en niveles apropiados y en un equilibrio adecuado, contribuyendo así a un entorno agrícola saludable y sostenible (Sela 2023).



Figura 3 Fertilidad del suelo.
Fuente: (Sela 2023).

2.2.4.3 Capacidad de Intercambio Catiónico

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo, indica la cantidad de cargas negativas disponibles en las partículas, es crucial para la retención e intercambio de nutrientes, impactando directamente la aplicación de fertilizantes. La CIC refleja el total de cationes intercambiables que el suelo puede retener, siendo influenciada principalmente por arcillas y materia orgánica. Las arcillas presentan una capacidad de 10-150 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$, mientras que la materia orgánica exhibe una capacidad más alta de 200-400 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$. La incorporación de materia orgánica no solo aumenta la CIC, sino que también mejora las propiedades físicas (Intagri s.f.).

Las cargas negativas presentes en los componentes del suelo provienen de procesos como la sustitución isomórfica en las estructuras de capas de los minerales de arcilla, la fractura de bordes y superficies externas de los minerales, la disociación de grupos funcionales ácidos en compuestos orgánicos, y la desorción preferencial de ciertos iones mediante reacciones químicas en las superficies de las partículas. Los cationes situados entre las capas no son fácilmente intercambiables, aunque ciertos tratamientos químicos y procesos de meteorización pueden liberarlos (Guerrero 2019).

2.2.4.4 Conductividad eléctrica

En una propiedad fácilmente cuantificable en los suelos, que muestra el contenido de sales solubles. Su conocimiento es de suma importancia en la agricultura, ya que el contenido de sales puede limitarse para ciertas especies cultivadas, afectando negativamente la actividad agrícola. Además, al utilizar agua para riego, es importante conocer su CE, ya que podría contener sales no deseadas. La salinidad tanto del agua de riego como de la solución del suelo se expresa comúnmente, utilizando unidades como milimhos por centímetro (mmhos/cm) o deciSiemens por metro (dS/m), siendo ambas equivalentes (Solórzano 2021).

La salinidad en el suelo indica la presencia concentrada de iones, y es crucial considerar que iones como el Na, aluminio y cloro pueden resultar tóxicos, siendo potencialmente letales para los cultivos en altas concentraciones. Suelos con una alta conductividad eléctrica, que denota una elevada presencia de sales, obstaculizan el adecuado desarrollo de las plantas. Cada tipo de cultivo tiene la capacidad de sobrevivir en rangos de conductividad eléctrica algo distintos, lo cual depende del tipo de sales presentes en el suelo (Cueva 2019).

2.2.5 Macroelementos

Las plantas requieren una adecuada combinación de nutrientes para sobrevivir, desarrollarse y reproducirse. La malnutrición en las plantas se presenta a través de síntomas de deterioro en su salud. Tanto el exceso como la deficiencia de nutrientes pueden ocasionar complicaciones. Los macronutrientes, como nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo, son elementos necesarios en cantidades relativamente grandes. Por otro lado, los micronutrientes son elementos esenciales en pequeñas cantidades. Ambos tipos, ya sean macronutrientes o micronutrientes, son adquiridos de manera natural por las plantas del suelo (Proain 2020).

2.2.5.1 Nitrógeno

El nitrógeno es importante como componente principal en diversas sustancias vitales para las plantas, como los aminoácidos, las enzimas, las

hormonas y proteínas. La absorción activa de nitrógeno por parte de las plantas ocurre a través de las raíces en forma de nitratos (NO_3) y amonio (NH_4). La captación foliar del nitrógeno se optimiza mediante diversas formas, como amoniaco (NH_3), NO_3 y aminoácidos, e incluso, en condiciones específicas, a través de urea líquida. Las raíces tienen como preferencia el amonio en un entorno de pH neutro, mientras que la adsorción de nitrato disminuye en ambientes de pH bajo (Peñaloza 2021).

2.2.5.2 Potasio

Contribuye a fortalecer la resistencia de las plantas frente a enfermedades y condiciones climáticas extremas, como sequías y heladas. Desempeña un papel crucial en procesos como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la activación de enzimas, mejorando incluso la calidad de los frutos. Aunque el contenido total de potasio (K) en el suelo puede superar los 20,000 ppm, gran parte se encuentra integrado como componente estructural en los suelos minerales y no es asimilable por las plantas. El potasio disponible se encuentra disuelto en la solución del suelo y en los sitios de intercambio en la superficie de las partículas de arcilla (Yakabi 2014).

2.2.5.3 Azufre

Las necesidades de azufre (S) son menores en comparación con nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca), pero son de magnitud similar a las de fósforo (P) y magnesio (Mg). Al igual que con cualquier nutriente esencial, la producción y calidad de los cultivos pueden ser afectadas por la falta de azufre, incluso si los otros nutrientes están presentes en cantidades adecuadas en el suelo. La deficiencia de azufre se manifiesta con una decoloración amarillenta en las hojas nuevas. La materia orgánica del suelo constituye la principal fuente de azufre, por lo que las deficiencias son comunes en suelos con escasa materia orgánica (Cedeño Vera 2017).

2.2.5.4 Calcio

La concentración media de calcio en la corteza terrestre ronda aproximadamente el 3.64%, mostrando una considerable variabilidad en su presencia. Las pérdidas de calcio pueden ocurrir por diversas razones, como la lixiviación por agua de percolación, la absorción por organismos del suelo. Desempeña un papel clave en la descomposición de la materia orgánica, el desarrollo de las raíces y la liberación de nutrientes. Además, mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. Como componente esencial de la pared celular, el calcio aumenta la rigidez del rastrojo. Sin embargo, un exceso puede provocar deficiencias en potasio, fósforo, magnesio, zinc y hierro (Valdivia y Rodríguez 2015).

2.2.5.5 Magnesio

Según Mendel y Kirkby (2000) señalan que el contenido de magnesio (Mg) en la mayoría de los suelos varía, situándose típicamente entre el 0.05% en suelos arenosos y el 0.5% en suelos arcillosos. Los suelos arcillosos exhiben niveles más elevados debido a la presencia de minerales ferromagnesianos, como biotita, serpentina, hornblenda y olivina, que son propensos a la meteorización. La cantidad de Mg en el suelo se ve fuertemente influenciada por el tipo de suelo, siendo los suelos altamente lixiviados y meteorizados, como podzoles y suelos lateríticos, los que generalmente presentan bajos contenidos de Mg.

2.2.5.6 Fósforo

Las funciones del fósforo en los cultivos pueden ser resumidas de la siguiente manera: desempeña un papel crucial en procesos como la floración, fructificación y formación de semillas, contrarrestando los efectos adversos del exceso de nitrógeno que tiende a retrasar la madurez de las plantas. Además, juega un papel esencial en el desarrollo de las raíces y tiene impacto en la calidad de los forrajes. La absorción predominante de fósforo por parte de las plantas se lleva a cabo en las formas de iones ortofosfato monovalente (PO_4H_2^-) y ortofosfato divalente ($\text{PO}_4\text{H}_2^{2-}$), las cantidades menores son adquiridas en forma de fosfatos orgánicos solubles (Zhunaula 2016).

2.2.6 Microelementos

Los micronutrientes son elementos esenciales para el ciclo de vida de las plantas, a pesar de requerir cantidades mínimas. La cantidad total de micronutrientes en el suelo depende del material inicial y los procesos edafológicos. Los elementos cuya concentración total en el suelo normalmente es inferior a 1000 mg/kg se denominan elementos traza. Este grupo incluye micronutrientes como Cu, Mn y Zn, vitales para plantas y animales en bajos niveles, pero que pueden volverse tóxicos al alcanzar ciertas concentraciones. La excepción es el Fe, un micronutriente que no es estrictamente considerado un elemento traza (Fernández 2015).

2.2.6.1 Cobre

El cobre está vinculado a minerales sulfuros simples y complejos, los cuales son susceptibles a la solubilización durante procesos de intemperismo, especialmente en entornos ácidos. Además, el cobre exhibe una notable capacidad para interactuar químicamente con compuestos minerales y orgánicos presentes en el suelo. Los iones de cobre pueden precipitar fácilmente con aniones como sulfuros, carbonatos e hidróxidos. Los niveles promedio de cobre en el suelo varían entre 6 y 60 mg/kg, siendo los valores más altos observados en suelos ferralíticos, mientras que los más bajos corresponden a suelos arenosos y orgánicos (Bautista 1999).

2.2.6.2 Manganeso

El magnesio desempeña diversas funciones esenciales en las plantas, destacando: 1) Generación de ATP en los cloroplastos mediante fotofosforilización, siendo el ATP la principal fuente de energía. 2) Captura de dióxido de carbono (CO₂) durante la fotosíntesis. 3) Síntesis de proteínas. 4) Producción de clorofila. 5) Participación en el transporte de la savia elaborada a través del floema. 6) Partición y utilización de fotoasimilados. 7) Protección contra la fotooxidación en las hojas. La deficiencia de magnesio puede afectar significativamente procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas, resultando en un crecimiento deficiente y bajos rendimientos (Intagri 2015).

2.2.6.3 Zinc

Se absorbe por las raíces de las plantas en forma de ion bivalente, y también presenta una alta capacidad de absorción a través de la epidermis foliar y las ramas. Juega un papel crucial en la síntesis del triptófano, un precursor fundamental de las auxinas. Además, estimula diversas actividades enzimáticas en las plantas, incluyendo fosfatasas y decarboxilasas, así como participa en el metabolismo del nitrógeno y en la formación de pigmentos como los flavonoides y el ácido ascórbico. Cabe destacar que actúa como antagonista biológico del hierro, y a menudo, se observa una sinergia entre el cobre, el magnesio y el zinc (Sequi 2004).

2.2.6.4 Hierro

La nutrición de los cultivos enfrenta notables desafíos en relación con el hierro, siendo uno de los nutrientes vegetales más problemáticos. Esto se debe en gran medida a que, en sistemas aireados y dentro del rango de pH fisiológicos, la concentración de los iones Fe^{2+} y Fe^{3+} es inferior a 10^{-15} M, cantidad insuficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. El hierro, como elemento de transición, destaca por su capacidad para cambiar fácilmente su estado de oxidación y formar complejos octaédricos con diversos ligandos (Juares *et al.* 2007).

2.2.7 Erosión

2.2.7.1 Concepto

La erosión del suelo es el fenómeno natural en el que las rocas y la capa superficial del suelo se desprenden de la superficie terrestre y son transportadas a otras áreas, principalmente debido a la acción del agua y el viento. Este proceso es responsable de las transformaciones en los paisajes, y puede transcurrir de manera gradual a lo largo de miles de años, o acelerarse significativamente debido a actividades humanas, como la minería o la agricultura (Ecología Verde 2019).

2.2.8 Tipos de erosión

2.2.8.1 Erosión hídrica

La erosión hídrica resulta de la influencia del agua de lluvia, conocida como erosión pluvial, y de los flujos de agua, denominada erosión fluvial. Estos procesos transportan partículas erosionadas desde las rocas y las depositan en áreas más bajas. Asimismo, la erosión hídrica incluye el movimiento de las olas, también llamada erosión marina o de oleaje, que, mediante su energía cinética, desplaza partículas de arena hacia distintas ubicaciones (Ecología Verde 2021).

2.2.8.2 Erosión Eólica

Es menos destructiva que la erosión hídrica, se caracteriza por ser un proceso gradual y requiere suelos desprovistos de vegetación para no interferir con la acción erosiva del viento. Este fenómeno se manifiesta en áreas con variaciones térmicas significativas, lo que facilita la fragmentación de rocas y permite que el viento actúe de manera más efectiva sobre ellas. Zonas de alta montaña, desérticas y áreas sin vegetación, como suelos desnudos, se ven afectadas por la erosión eólica. Se divide en tres etapas, donde se destacan dos tipos principales de procesos:

Proceso de erosión: Se divide en dos tipos:

- **Erosión eólica por abrasión:** El viento transporta elementos como la arena, que cortan y pulen las superficies rocosas expuestas, generando modelos eólicos en la superficie.
- **Erosión eólica por deflación:** El aire barre, arrastra o levanta las partículas presentes en el suelo.

1. Transporte:

El viento puede transportar partículas mediante arrastre o rodamiento, siendo capaz de movilizar partículas grandes en el rango de 500 a 2000 μm .

2. Sedimentación:

Las partículas transportadas por el viento se depositan, formando dunas de arena, cuando se pierde la energía del viento (Ecología Verde 2020).

2.2.8.3 Erosión antropogénica

La erosión antropogénica del suelo se origina por factores y actividades humanas, teniendo impactos directos e indirectos en la pérdida de suelo. Un ejemplo de impacto directo es atribuible a la minería y las canteras. Las consecuencias indirectas, por otro lado, se derivan de prácticas de gestión insostenibles que perturban la capa superficial del suelo, incrementando la susceptibilidad a la erosión tanto en campos agrícolas como en áreas boscosas (Cherlinka 2022).

2.2.9 Análisis de suelo

El análisis es un conjunto de varios procesos químicos que determinan la cantidad de nutrientes vegetales disponibles en el suelo (DeAgronomía 2019). Entre sus beneficios sobresale su característica de ser un procedimiento veloz y económico, lo que posibilita su amplia adopción por parte de agricultores y empresas. La interpretación de los resultados se fundamenta en investigaciones que establecen correlaciones y calibraciones mediante la observación de cómo las plantas responden a la aplicación de cantidades específicas de nutrientes. (Molina 2007).

2.2.10 Importancia del análisis del suelo

Para cualquier productor, es importante conocer la información esencial sobre el ciclo de los nutrientes en el suelo y la adecuación de estos niveles para el crecimiento saludable de las plantas. Nos permite evaluar su nivel de pH del suelo, indicador clave de acidez o alcalinidad. Además, el análisis revela posibles problemas estructurales, como compactación o drenaje deficiente, que pueden perjudicar el rendimiento de los cultivos. Identificar estos problemas en etapas tempranas permite a los agricultores tomar medidas correctivas antes de la siembra (Nix 2023).

El análisis de suelos proporciona datos clave para calcular la cantidad de fertilizante necesaria. Se recomienda tomar muestras a una profundidad de 15 a 30 cm en áreas recién establecidas, y es crucial que estas muestras representen

de manera adecuada toda el área. La muestra enviada al laboratorio consiste en una mezcla de 10 a 15 submuestras, asegurando así una evaluación precisa de la composición del suelo y permitiendo una recomendación precisa de fertilizantes (Tamargo 2017).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Investigación de campo y laboratorio

3.2. Operacionalización de variables.

Tipo de Variable		Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Tipo de medición	Instrumentos de medición
Independiente	Propiedades químicas del suelo en la zona de estudio	Existencia de problemática por compactación de suelos en las propiedades químicas de los suelos que impiden productividad adecuada de los cultivos	Tipos de suelo Acidez y Alcalinidad del suelo Capacidad productiva del suelo Capacidad eléctrica del suelo Niveles nutricionales del suelo	Determinación de pH Análisis de capacidad de intercambio catiónico Cuantificación de conductividad eléctrica	Cuantitativo	Tablas de datos Estudio e pH y CIC en agua Conteo de contenido de CIC Análisis de laboratorio para macro y micronutrientes
Dependiente	Pérdida de calidad productiva de los suelos agrícolas por compactación	Disminución de la calidad productiva del suelo por efecto de las compactación y cambio de prácticas.	Niveles de compactación de suelos	Porcentaje de compactación Valores de pérdida de capacidad productiva	Cuantitativo	Observación directa Tabla de datos

3.3. Población y muestra de investigación

3.3.1. Población

Una población de 230 del sector Cedege.

3.3.2. Muestra

La muestra comprende un total de 30 fincas de la zona Cedege.

3.4. Técnicas e instrumentos de medición

3.4.1. Técnicas

Para el presente trabajo se utilizaron métodos y técnicas específicos para la identificación de las variables de laboratorio. La colecta de datos se realizó una vez que las muestras hayan pasado por su proceso de desecación mediante el método de estufa y secado al aire. Cada muestra fue identificada y colocada en fundas plásticas para su traslado al laboratorio, en este caso.

3.4.2. Instrumentos

Espectrofotómetro de absorción atómica

Espectrofotómetro de medio infrarrojo

Agitadores

Soluciones EDTA

Agua destilada

Morteros

Pipetas

Probetas

Vasos de precipitación

3.4.3. Diseño experimental

No se contó con un diseño experimental, sin embargo, se utilizaron variables cuantitativas continuas y estadística inferencial (prueba de t, media, probabilidad). Para la selección de las fincas se empleó el método de muestreo sistemático-estratificado.

3.4.4. Recolección de datos

3.4.4.1. Análisis estadístico

Al ser un trabajo con estadística inferencial se utilizó el software Infostat versión 2020, con el fin de tabular los resultados obtenidos.

3.4.5. Datos evaluar

Los datos evaluados se introdujeron al programa Infostat versión 2020, los siguientes datos se dio a conocer en las siguientes tablas.

3.4.6 Variables estudiadas

Potencial Hidrogeno – pH

Para la determinación del pH se aplicó el método de disolución en agua destilada propuesto por Gavlak *et al.*(2003), este lleva el siguiente protocolo:

- Tomar una muestra de tierra, previamente secada a 105 °C por 48 horas.
- Tamizar la muestra con un tamiz de 2 mm.
- Escoger una muestra y pesar 20 g de suelo.
- Añadir la muestra a un vaso de precipitados con 40 ml de agua destilada.
- Agitar la mezcla durante 5 minutos.
- Dejar reposar la mezcla durante 15 minutos.
- Medir el pH en el sobrenadante, es decir, en el líquido que queda más arriba. Utilizar un medidor multiparámetro digital eléctrico (pHmetro).

Capacidad de intercambio catiónico – CIC

Se empleó el método de Espectrofotometría de absorción atómica más el aluminio e hidrógeno (Juo *et. al.* 1976). Para esto se empleó el siguiente protocolo:

- Establecer las ppm de las bases del suelo (Mg, Na, Ca y K) a través de Espectrofotometría. Los datos se convirtieron a cmol+/kg dividiendo las ppm de cada base entre un factor que está determinado por los equivalentes de cada elemento, un equivalente (eq) de una de estas bases resulta de dividir el peso atómico de la base por su valencia: ppm de Mg/120 = Mg cmol+/kg; ppm de Na/230 = Na cmolc+/kg; ppm de Ca/200 = Ca cmolc+/kg; ppm de K/390 = K cmolc+/kg;

- Tomar los valores finales en cmol+/kg de las bases de la muestra analizada por más el aluminio e hidrógeno retenido en las cargas del suelo (Acidez intercambiable), el cálculo de la CICE se realizó haciendo uso de la ecuación: $CICE = \sum \text{bases} + \text{Acidez Intercambiable}$.

Conductividad Eléctrica – CE

Para la determinación de la CE se aplicó el método de disolución en agua destilada propuesto por Gavlak *et al.*(2003), este llevo el siguiente protocolo:

- Tomar una muestra de tierra, previamente secada a 105 °C por 48 horas.
- Tamizar la muestra con un tamiz de 2 mm.
- Escoger una muestra y pesar 20 g de suelo.
- Añadir la muestra a un vaso de precipitados con 40 ml de agua destilada.
- Agitar la mezcla durante 5 minutos.
- Dejar reposar la mezcla durante 15 minutos.

Medir el pH en el sobrenadante, es decir, en el líquido que queda más arriba. Utilizando un medidor multiparámetro digital eléctrico (pHmetro).

Macroelementos

La medición de nitrógeno se realizó con la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), para esto se utilizó un espectrofotómetro de infrarrojo cercano FOSS 5000 (NIRsystems) calibrado, con una sonda de fibra óptica integrada con una ventana de cuarzo de 25 cm² y con intervalo de lectura de 1100 a 2500 nm; como catalizador una solución de agua destilada.

La técnica de P extraíble en suelos por el método de Bray y Kurtz 1. Se basa en la extracción del P del suelo por medio de una solución de fluoruro de amonio en medio ácido, que agitada con el suelo durante un tiempo determinado solubiliza fósforo. Luego del filtrado o centrifugado se cuantifica el P en el extracto.

Para la determinación de azufre se empleó la técnica de solución extractante Acetato de Amonio en Acido Acético: este precipito los sulfatos con adición de 1 g/ml de Sulfato de Bario, precipitando en solido blanco luego se realiza un barrido por turbidimetría con Espectrofotómetro (410 nm).

El contenido Ca, Mg y K intercambiables se determinó mediante la extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 (Haby et al., 1990), luego se colocaron en espectrofotometría para determinar su cantidad.

Microelementos

Para la estimación de microelementos se utilizaron la solución extractora de Olsen Modificado, este utilizó como extractante una disolución de NaHCO₃ 0,5 M más EDTA 0.01 M y 0.5 g de Superfloc 127 para 10 litros de solución moderadamente ácida (pH = 5,5). Luego esta solución se pasó a un medidor de absorción atómica para que por medio de captación de iones se establezcan las cantidades presentes.

3.5. Procesamiento de datos

Los datos fueron procesados mediante el programa Infostat versión 2020 y se calcularon las variables dentro del sistema, realizado una cuantificación de datos Tratamientos.

Al tratarse de un trabajo de campo-laboratorio por muestreo probabilístico, no se estableció tratamientos de aplicación. Sin embargo, para el proceso de toma de muestras se establecieron 30 predios agrícolas dentro de la zona del Proyecto CEDEGE-Babahoyo, estos debieron tener como requisito primordial la siembra de cultivos de ciclo corto.

3.6. Aspectos éticos

En el contexto de la investigación científica, el plagio consiste en utilizar ideas o contenidos ajenos como si fueran propios. Es plagio, tanto si obedece a un acto deliberado como a un error. La práctica de aspectos éticos se garantiza de conformidad en lo establecido en el Código de Ética de la UTB.

Para la aprobación de la UIC, se generará un reporte del software anti-plagio, para garantizar la aplicación de aspectos éticos, con los que el estudiante demostrará honestidad académica, principalmente al momento de redactar su trabajo de investigación.

Los docentes actuarán de conformidad a lo establecido en el Código de Ética de la UTB, y demostrarán honestidad académica, principalmente al momento de orientar a sus estudiantes en el desarrollo de la UIC.

Artículo 25.- Criterios de Similitud en la Unidad de Integración Curricular. – En la aplicación del Software anti-plagio se deberá respetar los siguientes criterios:

Porcentaje de 0 al 15%: Muy baja similitud (TEXTO APROBADO)

Porcentaje de 16 al 20%: Baja similitud (Se comunica al autor para corrección)

Porcentaje de 21 al 40%: Alta similitud (Se comunica al autor para revisión con el tutor y corrección)

Porcentaje Mayor del 40%: Muy Alta Similitud (TEXTO REPROBADO) (UTB (Universidad Técnica de Babahoyo) 2021)

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados

4.1.1. Potencial Hidrógeno – pH

En la tabla 1 se muestran los valores correspondientes a potencial hidrogeno pH de las fincas seleccionadas, estos datos presentan un coeficiente de variación de 5,1% y un promedio de 6,21.

El mayor registro de potencial hidrógeno pH se cuantificó en el sector Cedral 1 fincas 1 y 3, y La Rodríguez finca 5 con un valor de 6,8 (Prácticamente neutro). El menor valor se encontró en el sector Cedral 1 finca 5 con 5,6 (Medianamente ácido).

El grafico 1 muestra la distribución de los diferentes rangos del pH del suelo, observándose una menor concentración de puntos en valores menores de 6.

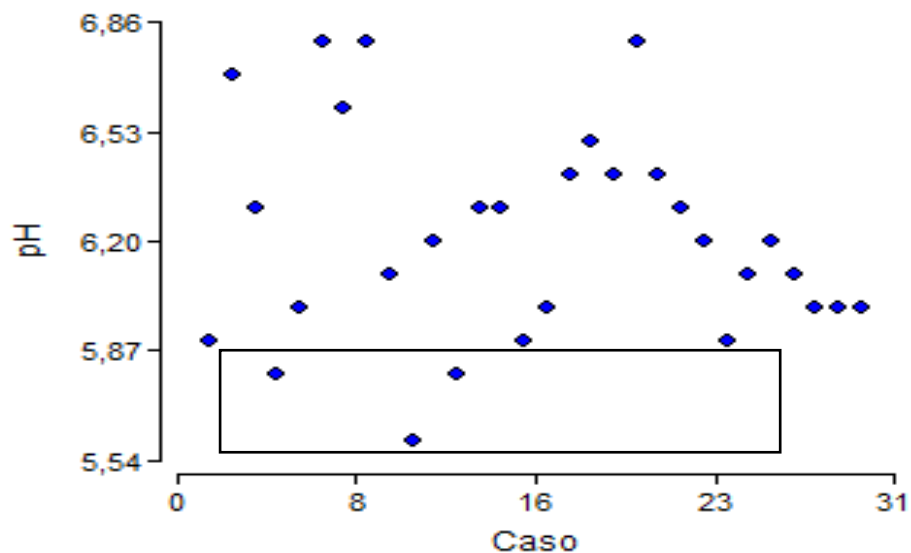


Gráfico 1. Rangos de potencial hidrogeno en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2024.

4.1.2. Capacidad de intercambio catiónico – CIC

Los valores de capacidad de intercambio catiónico – CIC se reportan en la tabla 1, estos registros muestran un coeficiente de variación de 16,57% y un promedio de 17,26.

Los mayores registros fueron cuantificados en el sector Cedral 2 finca 5 con 20,46 (medio) de capacidad de intercambio catiónico. El menor valor se encontró en el sector Cedral 1 finca 2 con 7,99 considerada baja.

En el gráfico 2 se representa la distribución de los diferentes rangos de la capacidad de intercambio catiónico, en este se observa una distribución mayoritaria en el rango de valores medios, esto se debe al tipo de textura de suelos presentada en la zona.

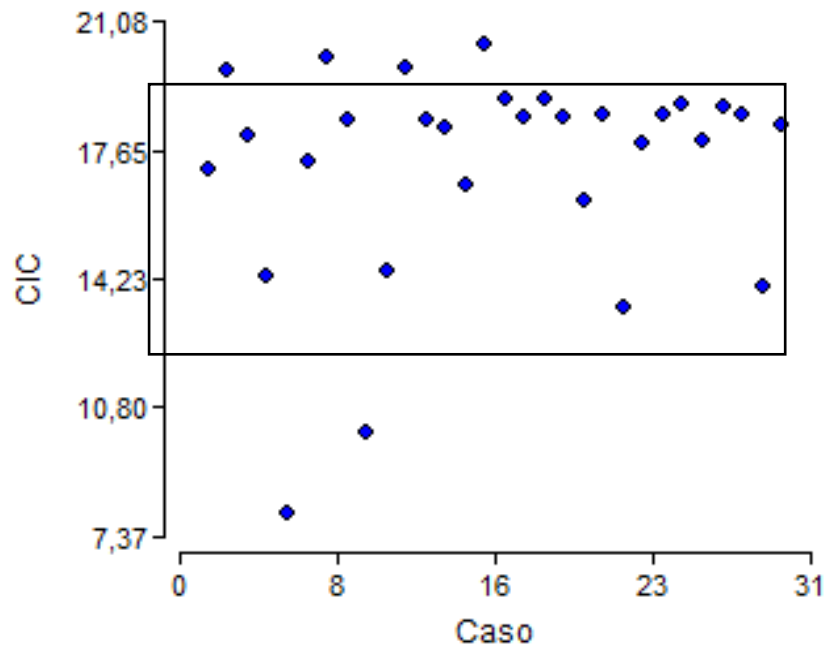


Gráfico 2. Rangos de capacidad de intercambio catiónico en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2024.

4.1.3. Conductividad Eléctrica - CE

En la tabla 1 se muestran los valores correspondientes a potencial hidrogeno pH de las fincas seleccionadas, estos datos presentan un coeficiente de variación de 5,1% y un promedio de 6,21.

El mayor registro de potencial hidrógeno pH se cuantificó en el sector Cedral 1 fincas 1 y 3, y La Rodríguez finca 5 con un valor de 6,8 (Prácticamente neutro). El menor valor se encontró en el sector Cedral 1 finca 5 con 5,6 (Medianamente ácido).

En el grafico 3 se representa la distribución de los diferentes rangos de la conductividad eléctrica, en este se observa una distribución mayoritaria en el rango de valores medios, esto se debe al tipo de textura de suelo y calidad del agua presentada en la zona.

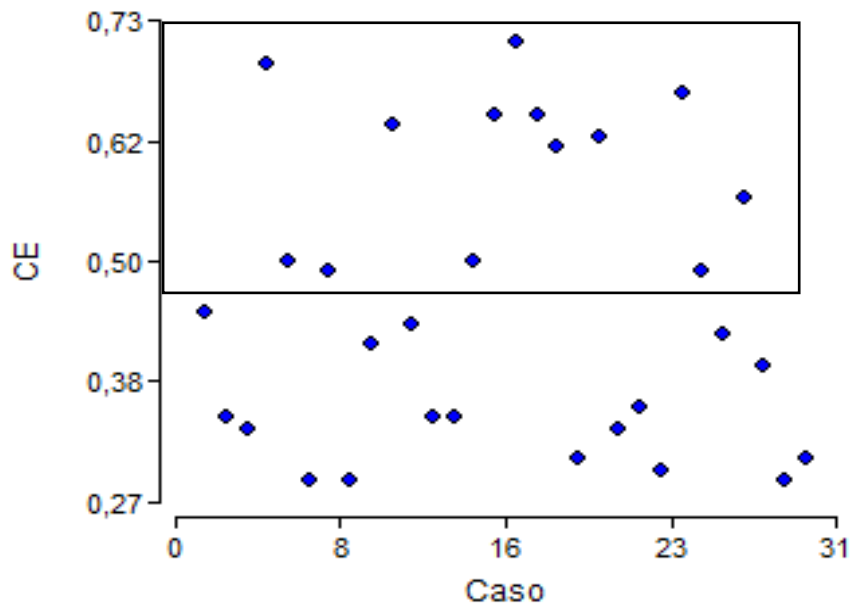


Gráfico 2. Rangos de capacidad de intercambio catiónico en suelos compactados de la zona de Cedege, Babahoyo, 2024.

Tabla 1. Materia orgánica, carbono orgánicos y COS en suelos compactados de la zona de Cedege. Babahoyo 2024.

	PROPIETARIO	ZONA	SECTOR	pHO	CE	CIC
1	Hugo Espín	Cedege	Campoverde-1	5,9	0,45	17,12
2	Ruiz Alberto 4	Cedege	Campoverde-2	6,7	0,35	19,80
3	Avero Lucio	Cedege	Campoverde-3	6,3	0,34	18,06
4	Fierro Mario	Cedege	Campoverde-4	5,8	0,69	14,30
5	Jiménez Julio	Cedege	Campoverde-5	6,0	0,50	7,99
6	Raúl Marmolejo	Cedege	Cedral-1.1	6,8	0,29	17,36
7	Rile Camilo	Cedege	Cedral-1.2	6,6	0,49	20,13
8	Rile Camilo 2	Cedege	Cedral-1.3	6,8	0,29	18,44
9	Tayron Camino	Cedege	Cedral-1.4	6,1	0,42	10,12
10	Juan Carlos	Cedege	Cedral-1.5	5,6	0,63	14,45
11	Henry Luis Lara	Cedege	Cedral-2.1	6,2	0,44	19,84
12	Marcos Garzón	Cedege	Cedral-2.2	5,8	0,35	18,44
13	Elba Camilo	Cedege	Cedral-2.3	6,3	0,35	18,24
14	Humberto Cherne	Cedege	Cedral-2.4	6,3	0,50	16,70
15	Wuacho Macias	Cedege	Cedral-2.5	5,9	0,64	20,46
16	Jairo Meléndez	Cedege	Rodriguez-1	6,0	0,71	18,99
17	María Galarza	Cedege	Rodriguez-2	6,4	0,64	18,50
18	Ruiz Alberto	Cedege	Rodriguez-3	6,5	0,61	18,99
19	Ruiz Alberto 2	Cedege	Rodriguez-4	6,4	0,31	18,50
20	Ruiz Alberto 3	Cedege	Rodriguez-5	6,8	0,62	16,32
21	Fernando Gaibor	Cedege	Playas-1	6,4	0,34	18,61
22	Ruiz Alberto 5	Cedege	Playas-2	6,3	0,36	13,46
23	Jovani Acurio	Cedege	Playas-3	6,2	0,30	17,86
24	Julio Campos	Cedege	Volante-1	5,9	0,66	18,61
25	Alberto Camba	Cedege	Volante-2	6,1	0,49	18,88
26	Julián Pérez	Cedege	Volante-3	6,2	0,43	17,89
27	Lino Vivas	Cedege	Volante- 4	6,1	0,56	18,79
28	Pedro Castro	Cedege	Volante-5	6,0	0,40	18,61
29	Raúl Cortez	Cedege	Silos-1	6,0	0,29	13,99
30	Luis Anchundia	Cedege	Silos-2	6,0	0,31	18,33
	Promedio			6,21	0,46	17,26
	Coeficiente de variación			5,10	30,06	16,57
	Desviación Estándar			0,32	0,14	2,86
	T			28,67	28,92	28,95
	ChiCuadrado			7,60	7,94	7,26
	P			0,465	0,471	0,415

4.1.4. Macroelementos

En la tabla 2 se detallan los promedios del contenido de elementos que se registraron en las muestras de suelos de los sectores seleccionados.

En el elemento Nitrógeno se encontró el mayor contenido en el sector El volante con 24 $\mu\text{g/ml}$ (medio), teniendo el menor valor el sector Cedral 1 con 9,6 $\mu\text{g/ml}$ (bajo). El coeficiente de variación determinado fue 34,4%.

Para el elemento Fósforo la muestra con mayor contenido fue el sector El Volante con 25 $\mu\text{g/ml}$ (alto), con menor valor en el sector Cedral 1 con 8 $\mu\text{g/ml}$ (bajo). El coeficiente de variación fue 49,06%.

Los niveles de Potasio tuvieron el mayor contenido en la zona de El Volante con 164,4 $\mu\text{g/ml}$ (medio), siendo el sector Cedral 1 con 33,6 $\mu\text{g/ml}$ (bajo) quien reporto menor valor. El valor de coeficiente de variación fue 45,46%.

En el caso de Calcio los niveles más altos se reportaron en el sector Cedral 1 con 3706 $\mu\text{g/ml}$ (alto), teniendo el sector La Rodríguez el menor registro con 2375 $\mu\text{g/ml}$ (alto); con un coeficiente de variación de 15,93 %.

Los valores de Magnesio fueron 875 $\mu\text{g/ml}$ en el sector Cedral 1 siendo considera alto, mientras el menor registro fue encontrado en el sector La Rodríguez con 583 $\mu\text{g/ml}$ (alto), siendo el coeficiente de variación 14,86%.

Los niveles de Azufre tuvieron el mayor contenido en la zona de El Volante con 31 $\mu\text{g/ml}$ (alto), siendo el sector Cedral 1 con 33,6 $\mu\text{g/ml}$ (bajo) quien reporto menor valor. El valor de coeficiente de variación fue 60,15%.

Tabla 2. Contenido de macroelementos químicos en suelos compactados de la zona de Cedege. Babahoyo 2024.

	ZONA	SECTOR	N	P	K	Ca	Mg	S
µg/ml								
1	Cedeg e	Campoverd e	13,2	10	98,4	3017	833	18
2	Cedeg e	Cedral-1	9,6	8	33,6	3706	875	5
3	Cedeg e	Cedral-2	16,8	11	104,4	2930	734	18
4	Cedeg e	Rodríguez	14,4	19	111,6	2375	583	10
5	Cedeg e	Volante	24	25	164,4	3272	791	31
			15,6			3060	763,2	16,4
Promedio			0	14,6	102,48	,	0	
				49,0		15,9		60,1
Coeficiente de variación			34,4	6	45,46	3	14,86	5
						487,	113,4	
Desviación Estándar			5,37	7,16	46,59	4	3	9,86
						14,0		
T			6,5	4,56	4,92	4	15,04	3,72

4.1.5. Microelementos

La tabla 3 muestra los valores del contenido de microelementos que se registraron en las muestras de suelos de los sectores elegidos.

En el elemento Hierro se encontró el mayor contenido en el sector Cedral 1 con 585 µg/ml (alto), teniendo el menor valor el sector La Rodríguez con 98 µg/ml (alto). El coeficiente de variación determinado fue 60,61%.

Para el elemento Cobre la muestra con mayor contenido fue el sector Cedral 1 con 25 µg/ml (alto), con menor valor en el sector La Rodríguez con 10 µg/ml (alto). El coeficiente de variación fue 34,11%.

Los niveles de Manganeseo tuvieron el mayor contenido en la zona de Cedral 1 con 75 µg/ml (medio), siendo el sector La Rodríguez con 26 µg/ml (bajo) quien reporto menor valor. El valor de coeficiente de variación fue 46,44%.

En el caso de Zinc los niveles más altos se reportaron en el sector La Rodríguez con 4,8 µg/ml (medio), teniendo el sector Cedral 1 el menor registro con 2,3 µg/ml (medio); con un coeficiente de variación de 27,04%.

Los valores de Boro fueron 0,4 µg/ml en el sector La Rodríguez siendo considerado bajo, mientras el menor registro fue encontrado en el sector Cedral 1 con 0,2 µg/ml (alto), siendo el coeficiente de variación 29,88%.

Tabla 3. Contenido de microelementos químicos en suelos compactados de la zona de Cedege. Babahoyo 2024.

	ZONA	SECTOR	Fe	Cu	Mn	Zn	B
µg/ml							
1	Cedege	Campoverde	310	18	36	3,2	0,3
2	Cedege	Cedral-1	585	25	75	2,3	0,2
3	Cedege	Cedral-2	191	15	29	4,5	0,3
4	Cedege	Rodríguez	98	10	26	4,8	0,4
5	Cedege	Volante	331	14	53	3,9	0,3
Promedio			303	16,4	43,80	3,74	0,28
Coeficiente de variación			60,61	34,11	46,44	27,04	29,88
Desviación Estándar			183,66	5,59	20,34	1,01	0,08
T			3,59	6,55	4,82	8,27	7,48

4.2. Discusión

En la presente investigación se determinó si la compactación de suelos afecta las propiedades químicas de los suelos, en este sentido se pudo deducir que este factor influye directamente sobre la calidad nutricional del mismo para los cultivos, en los sectores muestreados.

En este sentido los resultados encontrados muestran que el pH de los suelos evaluados fluctúa entre 5,6 (moderadamente ácido) y 6,8 (prácticamente neutro), lo cual indica que existe una gran diversidad de valores en los diferentes sectores, siendo alguno de ellos más propensos a disminuir esta propiedad química, en

función de las acciones antropogénicas realizadas en la producción agrícola de la zona. Esto concuerda con lo manifestado por Pantoja (2020) quien indica que los cambios de densidad aparente en los suelos ocasionan la pérdida de arcillas y materia orgánica en suelos con mucho de estos materiales, esto reduce no solo el pH de este, sino también la profundidad radicular efectiva formándose pie de arado a menos de 15 cm en perfiles del suelo.

Los valores de capacidad de intercambio catiónico CIC se encontraron dentro de los rangos 7,99 - 20,46 meq/100gs, observándose sectores y finca donde por el efecto de la compactación se ha perdido capa arable de esta, produciendo un cambio en la textura, eso ha logrado disminuir la fertilidad del suelo. Además, la disminución de CIC afecta la capacidad del suelo de retener los nutrientes, los cuales son percolados a niveles inferiores ocasionando una erosión química de suelos. Esto concuerda con lo descrito por Muñoz Lozada (2016) quien indica que la agricultura intensiva ha conllevado al deterioro del recurso natural más importante, el suelo, producto a tecnologías de labranza tradicionales que alteran sus propiedades físicas y elevan los costos de producción.

En el caso de la conductividad eléctrica esta se sitúa en el rango de 0,29 – 0,71 dS/m, situándose en suelos conductividad media. Estos valores indican que los suelos aún no han sido modificados en su parte de movimientos de elementos de los suelos, sin embargo, se observa valores inferiores a 0,35 dS/m los cuales no posibilitan el movimiento de estos elementos hacia las plantas, dificultando su absorción por las raíces. Esto está relacionado por lo descrito por Duarte (2021) al decir que la compactación está ligada a las prácticas de campo que muchas veces no son realizadas de la mejor manera como sobre fertilización o baja fertilización. Se debe considerar como parte del problema los años que llevan establecidos los cultivos donde el suelo ha sido removido de una manera constante y es ahí la causa de la compactación.

El análisis de macroelementos de suelos determinó que los niveles de nitrógeno, fósforo y azufre se encuentran dentro de los rangos adecuados para la zona, sin embargo, se evidencian niveles muy altos de calcio y magnesio, los cuales bajo ciertas condiciones resultan no adecuados y hasta tóxicos para las plantas.

Esto debido a que la compactación disminuye el movimiento de nutrientes en la solución de suelos, a diferencia de aquellos que quedan pegados en las arcillas como son calcio y magnesio. Esto concuerda con Colina Navarrete *et al.* (2023) quienes en suelos inseptisoles encontraron niveles altos de Calcio (2719 $\mu\text{g/ml}$) y Magnesio (779 $\mu\text{g/ml}$), promedios superiores al nivel de referencia óptimo, esto debido a que la explotación agrícola de los suelos ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y salidas de algunos nutrientes esenciales.

Los microelementos como zinc y boro tuvieron valores dentro de los niveles adecuados para suelos inseptisoles, sin embargo, los niveles de hierro, cobre y manganeso son extremadamente altos y posiblemente tóxicos para los cultivos. Esto concuerda por lo descrito por Mora Guerrero (2021) quien encontró rangos de hierro, cobre y manganeso altos (mayores al nivel de referencia óptimo - NRO 4 en las seis fincas evaluadas, reportando un índice de calidad actual de los suelos de 39,8.

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En función de los resultados conseguidos se plantean las siguientes conclusiones:

1. Los niveles de potencial hidrogeno – pH en los sectores muestreados presentan rangos que se sitúan entre moderadamente ácidos y prácticamente neutro, lo cual indica que en ciertas finas se ha producido un problema con el manejo del pH debido a las prácticas agrícolas utilizadas, en especial los sectores Campoverde, Cedral 1, Cedral 2 y El Volanteo.
2. En el caso de los rangos de Capacidad de Intercambio catiónico – CIC se encuentran dentro de los considerados niveles medios es decir más de 15 meq/100g, sin embargo, sectores como Campoverde, Cedral 1, Playas y Silos presentan en determinada fincas valores por debajo de estos niveles mínimos, esto se debe al efecto degradante de la compactación sobre la textura de los suelos.
3. Los rangos de conductividad eléctrica – CE muestran valores con problemas en sectores como Campoverde, Cedral1, Cedral 2, La Rodríguez, Playas, El Volante y Silos; es decir todas las zonas evaluadas presente en alguna finca problemas derivados de la compactación, ya que esta al cambiar la dinámica de CE afecta el movimiento de elementos en el suelo.
4. Los niveles de los macroelementos de carga negativa como nitrógeno, fósforo y azufre, así como potasio, son adecuados para los suelos del sector; sin embargo, los niveles de calcio y magnesio pueden considerarse no adecuados.
5. Los valores de los microelementos zinc y boro son los adecuados para los suelos del sector; sin embargo, los niveles de hierro, cobre y manganeso pueden considerarse tóxicos para los cultivos.

5.2. Recomendaciones

En base a lo antes expuesto en las conclusiones se recomienda que:

1. Realizar análisis de suelos para establecer los niveles de nutrientes presente en los suelos de las fincas agrícolas.
2. Establecer prácticas agronómicas que favorezcan la conservación del suelo, evitando la compactación de este y su deterioro.
3. Continuar con trabajos de investigación que identifiquen las problemáticas causadas en las propiedades químicas del suelo por efectos de la compactación.

REFERENCIAS

- Altamirano, E. 2019. Parámetros físicos y químicos para la determinación de la calidad de los suelos en la microcuenca Jun-Jun (en línea). Tesis. Ingeniera Agrónoma. Cevallos, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato facultad de Ciencias Agropecuarias. Consultado 8 feb. 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20641.pdf>
- Bautista, F. 1999. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Yucatán, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. 37,38 p.
- Brunel, N; Seguel O. 2011. Efectos de la erosión en las propiedades del suelo (en línea). Revistas Académicas de la Universidad Austral de Chile 39 (1). Consultado 31 ene. 2014. Disponible en <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v39n1/art01.pdf>
- Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Pasto, Colombia (en línea). Revista de Ciencias Agrícolas 33(2):117-124. Consultado 5 ene. 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/312649867_El_suelo_y_su_relacion_con_los_servicios_ecosistemicos_y_la_seguridad_alimentaria.
- Cedeño, D; Vera, E. 2017. Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional (en línea). Tesis Ingeniero Agrónomo. Calceta, Manabí, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Consultado 29 ene. 2024. Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/648/1/TA69.pdfhttps://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/648/1/TA69.pdf>

Cedig (Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica).1986. La erosión en el Ecuador (en línea). Quito, Ecuador. 6p. Consultado 5 ene. 2024. Disponible en https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-01/23658.pdf

Cherlinka, V. 2020. Tipo De Suelo: Esencial En La Productividad Agrícola (en línea, blog). Mountain View-USA. Consultado 8 feb. 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/tipos-de-suelo/>

Cherlinka, V. 2022. Erosión Del Suelo: Tipos, Cómo Evitarla Y Controlarla (en línea, blog). Mountain View-USA. Consultado 30 ene. 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/erosion-del-suelo/>

ConceptoDefinicion. 2023. Concepto Definición: Suelo (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en https://conceptodefinicion.de/suelo/#google_vignette

Cueva, A. 2019. Determinación físico - química de un suelo en dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en maíz (*Zea mays* L.) (en línea). Tesis Ingeniero Agrónomo. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Consultado 15 feb. 2024. Disponible en <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7f48de7a-858d-491e-a729-98c80e2b49c6/content>

Duarte López, I. 2017. Evaluación de la técnica herculizado para la descompactación de suelos en el cultivo de banano (*Musa aaa*), cantón Baba. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 87p.

Ecología Verde. 2020. Ecología Verde: Erosión eólica: definición, tipos y ejemplos, España (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en

<https://www.ecologiaverde.com/erosion-eolica-definicion-tipos-y-ejemplos-2566.html>

Ecología Verde. 2019. Ecología Verde: Qué es la erosión del suelo: causas y consecuencias, España (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-erosion-del-suelo-causas-y-consecuencias-1500.html>

Ecología Verde. 2021. Ecología Verde: Tipos de erosión, España (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-erosion-2418.htm>

Fernández, A. I. 2015. Infoagro. (en línea). Consultado 28 ene. de 2024. Disponible en:
http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm

Gavlak RG, Horneck DA, Miller RO, Kotuby-Amacher J. 2003. Soil Ph and Electrical Conductivity. En: Soil, Plant and water Reference Methods for the Western Region. 2nd ed. Colorado: Colorado State University. (WCC- 103 Publication). pp. 37-47

Guerrero, J. 2019. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico por el método del formaldehído (en línea). Tesis Maestría en ciencias en suelos. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina. Consultado el 15 feb. 2024. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4116/guerrero-lazaro-juan-miguel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Haby, V.A., M.P. Russelle, and E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. In: Soil Testing and Plant Analysis. 3a ed. R. L. Westerman (ed.). Soil Science Society of America Madison, Wisconsin. pp: 181.227.

Hernandez, J. 2019. Determinación de propiedades de suelos agrícolas a partir de mediciones eléctricas realizadas en campo y en laboratorio (en línea) Tesis Maestro en Geociencias Aplicadas. San Luis Potosí, Mexico, Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica, A.C. Consultado 5 de mar. 2024. Disponible en <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/2217/1/TMIPICYTH4D42019.pdf>

IAEA (Organismo Internacional de Energía Atómica, Austria). S.f. IAEA: Control de la erosión del suelo (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.iaea.org/es/temas/control-de-la-erosion-del-suelo>

IAEA (Organismo Internacional de Energía Atómica, Austria). 2022. IAEA: ¿Qué es la erosión del suelo? ¿Cómo se puede estudiar y mitigar con técnicas nucleares? (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-erosion-del-suelo>.

IAEA (Organismo Internacional de Energía Atómica, Austria). S.f. IAEA: Mejora de la fertilidad del suelo (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo>.

Insua, C; Izquierdo, W. 2015. Usos de suelo en el aprovechamiento de sus recursos naturales en la microcuenca del río carrizal (azucena arriba – balsa en medio) (en línea). Tesis Ingeniero en Medio Ambiente. Calceta, Ecuador, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Consultado 8 feb. 2024. Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/222/1/TMA71.pdf>

Intagri. 2014. Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo. México (en línea). Artículos Técnicos de c. Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo>

Intagri. 2015. Intagri: El Magnesio, un Nutriente Olvidado que Puede Salvar tu Cultivo. (en línea, sitio web). Consultado 5 mar. 2024. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/magnesio-nutriente-olvidado-salvar-cultivo>

Intagri. S.f. La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo. México (en línea). Artículos Técnicos de INTAGRI. Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>

Juares, M; Cerdan, M; Sanchez-Sanchez, A. 2007. Hierro en el sistema suelo-planta (en línea). Depto. Agroquímica y bioquímica. Facultad de ciencias Universidad de Alicante. Alicante, España.1p. Consultado 30 ene. 2024. Disponible en <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/HIERRO.pdf>

JUO, A.S.R & FOX, R.L 1977. Phosphate sorption characteristics of some benchmark soils of West Africa. Soil Science, 124: 370-376.

LibreTexts. 2022.Propiedades Químicas Del Suelo (en línea, sitio web). Consultado 16 ene. 2024. Disponible en <https://n9.cl/5wo624>

[Mendel, K; Kirkby, E.A. 2000.](#) Principios de Principios de Nutrición Vegetal. 4ta. Edición, 1ra. Edición en español. Basilea, Suiza. 453p. Consultado 30 ene. 2024.

Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. Revistas Amino Grow 8. Consultado 16 ene. 2024. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

Mora, F. 2019. Evaluación de la fertilidad de Suelos y Calidad de aguas, en el agroecosistema de la Granja San Pablo, Provincia De Los Ríos (en línea). Tesis Ingeniero Agrónomo. Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. Consultado 5 ene. 2024. Disponible en

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6187/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000150.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mora Calero, F; Colina Navarrete, E; Vera Suarez, M; Goyes Cabezas, V. 2021 Evaluación de la fertilidad de suelos y calidad de aguas, en el agroecosistema de la granja San Pablo, provincia de Los Ríos. Libro de memorias II Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias. Babahoyo, Ecuador. 78-82p. ISBN: 978-9942-606-23-5

Mora Guerrero, C. 2021. Estudio de la calidad de suelos agrícolas de fincas productoras de ciclo corto en la zona de Babahoyo. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 29p.

Muñoz Lozada, M. 2016. Evaluación de algunas características físicas de un suelo dedicado a la siembra directa y convencional de maíz en la zona de Babahoyo, Los Ríos. Tesis de Grado Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 54p.

Nix, J. 2023. La importancia del análisis del suelo en la planificación agrícola (en línea, blog). California- USA. Consultado 16 ene. 2024. Disponible en <https://biomemakers.com/es/blog/la-importancia-del-analisis-del-suelo-en-la-planificacion-agricola>.

Panozzo, S. 2016. Componentes del suelo (en línea, blog). Argentina. Consultado 5 ene. 2024. Disponible en <https://elsuelocontaminado.blogspot.com/search?q=componentes+del+suelo>

Pantoja Vallejo, J. 2020. Compactación del suelo. Manual de prácticas de campo, pdf. Programa Prometeo, Universidad de las Fuerzas Armada – ESPE. Quito, Ecuador. 49p.

Peñaloza, S. 2021. Evaluación biológica de fertilidad del suelo en el sector Cucanamá alto perteneciente a la parroquia Vilcabamba (en línea). Tesis Ingeniera Agrícola. Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja. Consultado 29 ene. 2024. Disponible en

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24489/1/Sofia%20Lizbeth%20Rogel%20Pe%C3%B1aloza.pdf>

Proain. 2020. Proain tecnología agrícola (en línea). Consultado 29 ene. 2024. Disponible en <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/los-macronutrientes-y-su-relacion-en-el-suelo>

Rodríguez, S; Zamuner, E; Picone, L; Pose, N; Maceira, N.2015. Cambios en propiedades químicas de un suelo molisol de la región pampeana argentina con diferente historia de manejo (en línea) Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, 31(2), 137-148. Consultado 31 ene. 2024. Disponible en <http://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/9975>

Salazar, L. 2022._Prácticas agronómicas para mejoras de suelos en cultivos agrícolas en la provincia de Los Ríos (en línea). Tesis Ingeniero Agrónomo. Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. Consultado 31 ene. 2024. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11307/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000356.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sela, G. 2023. La fertilidad del suelo (en línea, blog). Israel. Consultado 14 feb. 2024. Disponible en <https://cropaia.com/es/blog/la-fertilidad-del-suelo/>

Sequi P. 2004. Los microelementos en la nutrición vegetal. (en línea). Italia.35p. Consultado 30 ene. 2024. Disponible <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Losmicroelementosenlanutricionvegetal.pdf>

Solorzano, P. 2021. La Conductividad Eléctrica (CE) de los suelos (en línea) QUIFUCA, C.A. Venezuela. Consultado 6 ene. 2024. Disponible en <https://www.quifuca.com/ve/>

Tamargo,A. 2017. La importancia del análisis de suelos agrícolas (en línea, sitio web). Consultado 14 feb. 2024. Disponible en

<https://agqlabs.co/2017/02/03/la-importancia-del-analisis-suelos-agricolas/?amp>

- Tasilla, L. 2021. Variación de la reacción del suelo a la aplicación de cal de diferente granulometría en la Encañada – Cajamarca. (en línea) Tesis Ingeniero Agrónomo. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional De Cajamarca. Consultado 7 mar. 2024. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4482/TESIS-LUCIO%20TASILLA%20SALAZAR%202021.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Toledo, M. 2016. Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras (en línea). Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).8p. Consultado 7 mar. 2024. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=799182D61590B8C5E1C7B17A701851A7?sequence=1>
- Yakabi, K. 2014. Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima (en línea) Tesis Licenciada en Geografía y Medio Ambiente. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú. Consultado 24 ene. 2024. Disponible en https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5836/YAKABI_BEDRINANA_KATIUSCA_FERTILIDAD_SUELO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valdivia, C; Rodríguez, M. 2015. Características físicas y químicas en suelos de cultivo de las regiones de Acatzingo y Tochimilco, Puebla, para determinar su fertilidad (en línea) Tesis Ingeniero Ambiental. Puebla, México, BUAP. Consultado 30 ene.2024. Disponible en <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/ecf06dd1-2de9-447a-8e87-f225ec146ccc/content>

ANEXOS



Fig 1. Recogida de las muestras de suelo.



Fig 2 Clasificación de las muestras de suelo.



Fig 3. Muestras ya clasificadas y secado al aire.



Fig 4. Realización del peso de 500g de cada muestra.



Fig 5. Colocación de las muestras ya pesadas en la estufa para terminarlas de secar.



Fig 6. Trituración de las muestras una vez secas.



Fig 7. Realización de pH en cada muestra.



Fig 8. Instrumentos para la elaboración de Ph y CE.



Fig 9. Proceso de CE en cada muestra.



Fig 10 Instrumento para la realización de CIC.



Fig 11. Realización de CIC en cada muestra.

Cuadro 1. Matriz de pH, CE, CIC

	PROPIETARIO	ZONA	SECTOR	PH	CE	CIC
1	Hugo Espin	Cedege	1 Campoverde-	5,9	0,45	17,12
2	Ruiz Alberto 4	Cedege	2 Campoverde-	6,7	0,35	19,80
3	Avero Lucio	Cedege	3 Campoverde-	6,3	0,34	18,06
4	Fierro Mario	Cedege	4 Campoverde-	5,8	0,69	14,30
5	Jimenez Julio	Cedege	5 Campoverde-	6,0	0,50	20,13
6	Raul Marmolejo	Cedege	Cedral-1.1	6,8	0,29	17,36
7	Rile Camilo	Cedege	Cedral-1.2	6,6	0,49	7,99
8	Rile Camilo 2	Cedege	Cedral-1.3	6,8	0,29	18,44
9	Tayron Camino	Cedege	Cedral-1.4	6,1	0,42	10,12
10	Juan Carlos	Cedege	Cedral-1.5	5,6	0,63	14,45
11	Henry Luis Lara	Cedege	Cedral-2.1	6,2	0,44	19,84
12	Marcos Garzon	Cedege	Cedral-2.2	5,8	0,35	18,44
13	Elba Camilo	Cedege	Cedral-2.3	6,3	0,35	18,24
14	Humberto Cherne	Cedege	Cedral-2.4	6,3	0,50	16,70
15	Wuacho Macias	Cedege	Cedral-2.5	5,9	0,64	20,46
16	Jairo Melendez	Cedege	Rodriguez-1	6,0	0,71	18,99
17	Maria Galarza	Cedege	Rodriguez-2	6,4	0,64	18,50
18	Ruiz Alberto	Cedege	Rodriguez-3	6,5	0,61	18,99
19	Ruiz Alberto 2	Cedege	Rodriguez-4	6,4	0,31	18,50
20	Ruiz Alberto 3	Cedege	Rodriguez-5	6,8	0,62	16,32
21	Fernando Gaibor	Cedege	Playas-1	6,4	0,34	18,61
22	Ruiz Alberto 5	Cedege	Playas-2	6,3	0,36	13,46
23	Jovani Acurio	Cedege	Playas-3	6,2	0,30	17,86
24	M-01 RC	Cedege	Volante-1	5,9	0,66	18,61
25	M-02M	Cedege	Volante-2	6,1	0,49	18,88
26	M-03F	Cedege	Volante-3	6,2	0,43	17,89
27	M-04 A	Cedege	Volante- 4	6,1	0,56	18,79
28	M-05P	Cedege	Volante-5	6,0	0,40	18,61
29	M-06LF	Cedege	Silos-1	6,0	0,29	13,99
30	M-07P	Cedege	Silos-2	6,0	0,31	18,33

Cuadro 2. Análisis de suelos


N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
74266	MUESTRA NRO. 1	8.3 LAc	11 B	8 B	55 B	1994 A	629 A	12 M	2.1 M	16.1 A	269 A	32.0 A	0.30 B	

Interpretación		pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	ug/L	0-100	5.0 - 8.5
B	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Mn	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
S	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Cl	mg/L	0-100	5.0 - 8.5

Referencia	Metodología	Extracción
NH ₄ y P	Colorimétrica	Distilada
K, Ca, Mg	Atomática	Mezclada
Zn, Cu, Fe, Mn	Atomática	pH 1.5
S	Turbidimétrica	Fuente de Cu
B	Colorimétrica	Mezclada
Mn	Colorimétrica	Fuente de Cu
Cl	Fluorimétrica	Suño, Agua (1:2.5)

Muestra de Referencia Optima	
Medio (ug/ml)	
NH ₄	20 - 40
P	10 - 20
K	100 - 200
Ca	1000 - 2000
Mg	100 - 200
S	10 - 20
Zn	1 - 5
Cu	1 - 5
Fe	100 - 200
Mn	1 - 5
B	0.1 - 0.5
Cl	1 - 5

NI = No entregado
 LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a las muestras(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos realizados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al SAI.
 Las opciones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al SAI.
 (*) Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente.


 Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.
 Página 1 de 3


N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
74262	MUESTRA NRO. 1	6.2 LAc	15 B	19 M	137 M	2339 A	659 A	22 A	34.4 A	16.0 A	366 A	37.0 A	0.40 B	

Interpretación		pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	ug/L	0-100	5.0 - 8.5
B	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Mn	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
S	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Cl	mg/L	0-100	5.0 - 8.5

Referencia	Metodología	Extracción
NH ₄ y P	Colorimétrica	Distilada
K, Ca, Mg	Atomática	Mezclada
Zn, Cu, Fe, Mn	Atomática	pH 1.5
S	Turbidimétrica	Fuente de Cu
B	Colorimétrica	Mezclada
Mn	Colorimétrica	Fuente de Cu
Cl	Fluorimétrica	Suño, Agua (1:2.5)

Muestra de Referencia Optima	
Medio (ug/ml)	
NH ₄	20 - 40
P	10 - 20
K	100 - 200
Ca	1000 - 2000
Mg	100 - 200
S	10 - 20
Zn	1 - 5
Cu	1 - 5
Fe	100 - 200
Mn	1 - 5
B	0.1 - 0.5
Cl	1 - 5

NI = No entregado
 LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a las muestras(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos realizados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al SAI.
 Las opciones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al SAI.
 (*) Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente.


 Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.
 Página 1 de 3


N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
74265	MUESTRA NRO. 1	6.6 PN	14 B	9 B	201 A	2442 A	699 A	20 A	2.2 M	16.0 A	241 A	83.0 A	0.20 B	

Interpretación		pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	ug/L	0-100	5.0 - 8.5
B	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Mn	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
S	mg/L	0-100	5.0 - 8.5
Cl	mg/L	0-100	5.0 - 8.5

Referencia	Metodología	Extracción
NH ₄ y P	Colorimétrica	Distilada
K, Ca, Mg	Atomática	Mezclada
Zn, Cu, Fe, Mn	Atomática	pH 1.5
S	Turbidimétrica	Fuente de Cu
B	Colorimétrica	Mezclada
Mn	Colorimétrica	Fuente de Cu
Cl	Fluorimétrica	Suño, Agua (1:2.5)

Muestra de Referencia Optima	
Medio (ug/ml)	
NH ₄	20 - 40
P	10 - 20
K	100 - 200
Ca	1000 - 2000
Mg	100 - 200
S	10 - 20
Zn	1 - 5
Cu	1 - 5
Fe	100 - 200
Mn	1 - 5
B	0.1 - 0.5
Cl	1 - 5

NI = No entregado
 LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a las muestras(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos realizados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al SAI.
 Las opciones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al SAI.
 (*) Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente.


 Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.
 Página 1 de 3

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
74254	MUESTRA NRO. 7	6.5 LAc	13 B	12 M	89 M	2013 A	624 A	16 M	54.5 A	35.6 A	244 A	29.0 A	0.30 B	

Interpretación	pH
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	0-5
0-5	< 5.5
5-10	5.5 - 6.5
10-15	6.5 - 7.5
15-20	7.5 - 8.5
20-25	8.5 - 9.5
25-30	> 9.5

Interpretación	Metodología	Extracción
NH ₄ , P	Colorimétrica	Distilación
K, Ca, Mg	Atómico	Multielemental
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómico	pH 3.0
S	Turbidimétrica	Formol de Ca
B	Colorimétrica	Molibdato
Cl	Colorimétrica	Punto de ebullición
pH	Potenciométrica	Solet. Agua (1:1)

Niveles de Referencia Nutrientes	
Medio (ug/ml)	
NH ₄ + 20	40
P	10
K	100
Ca	1000
Mg	120
S	200
Zn	10
Cu	10
Fe	100
Mn	10
B	10
Cl	10

NE = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación otorgada al SAE.
 Los apellidos, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación otorgada al SAE.
 (*) Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente.


 Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
74263	MUESTRA NRO. 1	6.4 LAc	8 B	8 B	93 M	1979 A	485 A	15 M	32.9 A	11.5 A	331 A	38.0 A	0.20 B	

Interpretación	pH
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	0-5
0-5	< 5.5
5-10	5.5 - 6.5
10-15	6.5 - 7.5
15-20	7.5 - 8.5
20-25	8.5 - 9.5
25-30	> 9.5

Interpretación	Metodología	Extracción
NH ₄ , P	Colorimétrica	Distilación
K, Ca, Mg	Atómico	Multielemental
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómico	pH 3.0
S	Turbidimétrica	Formol de Ca
B	Colorimétrica	Molibdato
Cl	Colorimétrica	Punto de ebullición
pH	Potenciométrica	Solet. Agua (1:1)

Niveles de Referencia Nutrientes	
Medio (ug/ml)	
NH ₄ + 20	40
P	10
K	100
Ca	1000
Mg	120
S	200
Zn	10
Cu	10
Fe	100
Mn	10
B	10
Cl	10

NE = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación otorgada al SAE.
 Los apellidos, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación otorgada al SAE.
 (*) Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente.


 Responsable Técnico del Laboratorio
Mgs. Diana Acosta J.