

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE SUELOS CON CULTIVO DE
CAFÉ (*Coffea arábica*) DEL DISTRITO DE ANCO - LA MAR, AYACUCHO.**

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

César, RUIZ CALLE

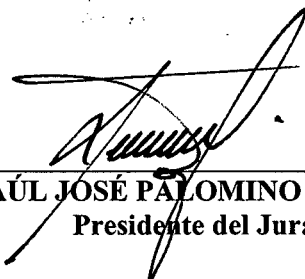
AYACUCHO – PERÚ

2015

Tesis
Ag 1140
Rui
Ej. 1

**“EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE SUELOS CON CULTIVO DE
CAFÉ (*Coffea arabica*) DEL DISTRITO DE ANCO - LA MAR, AYACUCHO”**

Recomendado : 12 de diciembre de 2014
Aprobado : 23 de diciembre de 2014



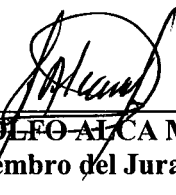
DR. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA
Presidente del Jurado



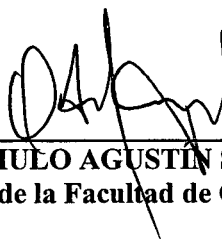
ING. JUAN BENJAMÍN GIRÓN MOLINA
Miembro del Jurado



ING. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro del Jurado



ING. RODOLFO ALCA MENDOZA
Miembro del Jurado



DR. RÓMULO AGUSTÍN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional

A mi Madre Julia, por todo el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y sobre todo en mis estudios universitarios

A mi familia, mis hijos Gonzalo y Gustavo, por su amor, empeño y fuerzas para avanzar.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, alma mater de mis estudios profesionales, que me permitieron la realización y culminación del presente trabajo.

- A los señores profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que me condujeron a lograr mis objetivos. Especial agradecimiento al Ing. Juan B. Girón Molina, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo.

- A la Municipalidad Distrital de Anco por su apoyo en la realización del presente trabajo

- Mi reconocimiento a todas aquellas personas que directa e indirectamente contribuyeron en la materialización del presente trabajo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.	ANTECEDENTES	01
1.2.	FERTILIDAD DE SUELO	02
1.2.1.	Evaluación de la fertilidad del suelo	02
1.2.2.	Elementos esenciales	08
1.3.	NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS	09
1.4.	EL NITRÓGENO	09
1.5.	EL FOSFORO	12
1.6.	EL POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO	18
1.6.1.	El Potasio	19
1.6.2.	El Calcio	22
1.6.3.	El Magnesio	25
1.7	EL AZUFRE	27
1.8	INFORMACIÓN GENERAL DEL CAFÉ	29
1.8.1.	EL CAFÉ	30
a.	Principales factores de clima que influyen en la prod. de café	31
b.	Condiciones edáficas para al cultivo de café	31
c.	Propiedades físicas del suelo	31
d.	Zonas de Producción	32
e.	El Cafeto	32
f.	Las flores, el fruto, el grano	33
g.	Producción regional	33
h.	Producción andina	33
i.	Control de calidad	34
j.	La calidad del café depende de varios elementos	37

k. Mercados del café	38
l. Demanda del café en el Perú	38
1.8 EL TOMATE COMO CULTIVO INDICADOR	39

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación	41
2.2. Instalación y conducción del experimento	41
2.2.1. Suelos utilizados en el experimento	41
2.2.2. Muestreo y preparación del suelo	43
2.2.3. Instalación del experimento en el invernadero	43
2.2.4. Técnicas Analíticas Utilizadas en los Análisis de Suelos	45
2.3. Variables en Estudio	46
2.4. Técnica del Elemento Faltante	46
2.5. Tratamientos	46
2.6. Diseño Experimental y Análisis Estadístico	47

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Del Análisis de Caracterización de los Suelos	49
3.1.1. Suelo de Chontabamba	49
3.1.2. Suelo de Arwimayo	56
3.1.3. Suelo de Porvenir	58
3.1.4. Suelo de Buena Gana	60
3.1.5. Suelo de Huayrapata	62
3.1.6. Suelo de Mejorada	65
3.1.7. Suelo de San Antonio	67
3.2. Identificación de Elementos Deficientes en los Suelos a través del Rendimiento de Materia Seca	69
3.2.1. Suelo de Chontabamba	70
3.2.2. Suelo de Arwimayo	72
3.2.3. Suelo de Porvenir	73
3.2.4. Suelo de Buena Gana	75
3.2.5. Suelo de Huayrapata	76

3.2.6. Suelo de Mejorada	77
3.2.7. Suelo de San Antonio	78
3.3. Identificación de Elementos Deficientes por Tratamiento a través del Rendimiento de Materia Seca	80
3.3.1. Tratamiento Testigo (T)	80
3.3.2. Tratamiento sin Nitrógeno (-N)	81
3.3.3. Tratamiento sin Fosforo (-P)	82
3.3.4. Tratamiento sin Potasio (-K)	83
3.3.5. Tratamiento sin Azufre (-S)	84
3.3.6. Tratamiento sin Calcio (-Ca)	85
3.3.6. Tratamiento sin Magnesio (-Mg)	86
3.3.6. Tratamiento sin Microelementos (-ME)	87
3.3.7. Tratamiento Completo (C)	88

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES	90
4.2. RECOMENDACIONES	91

INTRODUCCIÓN

Evaluar la fertilidad del suelo es complejo, debido a que los suelos presentan una gran diversidad de propiedades físicas, químicas y biológicas. Debido a estas propiedades tienen la capacidad de soportar y suministrar nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Una forma de evaluar el estado físico - químico de un suelo, es mediante el análisis de suelo, cuya información es necesaria para realizar planes de abonamiento. A esta información debe acompañarse el análisis foliar para constatar si lo que se aportó al suelo se refleja en la planta y consecuentemente en la producción **(Black, 1975)**.

La elección de las proporciones adecuadas de los nutrientes para las plantas depende del conocimiento que se tenga de los requerimientos en nutrientes del cultivo (extracción) y de la riqueza nutricional que se encuentra en el suelo.

El inadecuado manejo de los suelos, asimismo del cultivo de café, hace que estos cultivos tengan bajos rendimientos, principalmente debido a la baja fertilidad de los suelos. Una de las causas podría atribuirse a la baja disponibilidad de nutrientes de los suelos por diversas causas como por ejemplo la acidez, el tipo de material originario, la textura del suelo, condiciones climáticas, entre otros **(Palomino, 1987)**.

Todo esto asociado al bajo precio del producto, los problemas de comercialización, el alto costo de fertilizantes y la poca disponibilidad de dichos insumos en la zona; merece evaluar el tipo de suelo y sus características físicas, químicas y biológicas con la finalidad de poder realizar un manejo adecuado de dichos suelos e incrementar el rendimiento producción en beneficio de los agricultores productores de café.

En el presente trabajo se ha evaluado la fertilidad del suelo de algunos anexos del Distrito de Anco – La Mar con cultivo de café (Chontabamba,

Arwimayo, Porvenir, Buena Gana, Huayrapata, Mejorada y San Antonio) mediante la técnica del elemento faltante que es un método biológico rápido.

Mediante esta técnica se instaló un experimento que nos permitió comparar los rendimientos de un cultivo cuando se hizo disponible un elemento en ese suelo mediante la fertilización versus el rendimiento del mismo cultivo, cuando solo se ha empleado la fertilidad natural de ese suelo **(Ibáñez y Aguirre, 1983)**.

De esta manera, se puede observar si la no adición del elemento mediante la fertilización, repercute en el desarrollo de la planta, de no ser así el suelo posee dicho elemento en forma disponible para el suministro adecuado del vegetal.

Con estas consideraciones se ha planteado la realización del presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

1. Evaluar el nivel de macroelementos en algunos suelos con cultivo de café en el Distrito de Anco.
2. Identificar los elementos nutritivos deficientes en los suelos en estudio y su estado nutricional a través de la producción de materia seca.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 ANTECEDENTES:

Yanasupo (2011), al evaluar el estado nutricional de los suelos de las localidades de Rosario, Naranjal, San Martín y Orillas del Río Apurímac del Distrito de Ayna San Francisco (Ayacucho), encontró que el nivel nutricional de los suelos relacionados a la disponibilidad del P, S, Ca y Mg está influenciado por la acidez de los mismos. El Fósforo es el más limitante en el crecimiento y desarrollo de la planta indicadora de tomate. Encontró el orden de deficiencia siguiente: $P > ME > Ca > Mg > N$. El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo con el tratamiento Completo (C) en todos los suelos; todo lo contrario, se reporta en el tratamiento sin Fósforo seguido de sin ME, sin Ca, sin Mg y sin S. El testigo, en algunos casos ha superado al elemento faltante que implica la nutrición mineral a través de sus reservas naturales.

Peralta (2003), al evaluar la Caracterización Morfogenética y Estado nutricional de suelos agrícolas de Chiara (Ayacucho), encontró que los nutrientes deficientes verificados por los síntomas de deficiencia y rendimiento de materia seca son en orden de importancia: P, S, N, K, Ca Mg y Microelementos.

1.2. FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad de suelo es la capacidad del mismo para suministrar nutrientes al crecimiento de las plantas. El suelo es un almacén de nutrientes de las plantas, guardados en muchas formas, algunas están muy disponibles para las plantas, otras no tanto. El concepto de fertilidad de suelo incluye la cantidad de nutrientes que contiene el suelo sino como también están bien protegidos con respecto a la lixiviación, su disponibilidad, y con qué facilidad funcionan las raíces (**Thompson, 1974**). Un punto de partida para el examen de la fertilidad del suelo es definir el término "Nutriente de la planta".

1.2.1. Evaluación de la fertilidad del suelo

La evaluación de la fertilidad de un suelo es un problema complejo, debido a la variedad de condiciones químicas, físicas, biológicas y físico químicas involucradas. A pesar de que no es posible medir de manera absoluta el nivel de fertilidad de suelo, el, desarrollo progresivo de técnicas y procedimientos para el análisis de suelo y los avances en la interpretación de resultados hace posible predecir, con cierto grado de seguridad, la posibilidad de respuesta a la aplicación de cal y fertilizantes.

Los agricultores pueden utilizar tres métodos para detectar deficiencias de nutrientes de las plantas:

- Una inspección visual de las cosechas para visualizar signos de deficiencias basta para descubrirlas. Desgraciadamente este método solo advierte deficiencias críticas, una vez producido el daño a la rentabilidad. Además, los síntomas visibles pueden ser poco fiables. La clorosis, por ejemplo, pueden ser resultado de una cantidad de nitrógeno baja, de una alimentación de un nematodo, de un suelo salado o seco, de alguna enfermedad o de otros problemas no relacionados con los niveles de nutrición del suelo.
- Los análisis de suelo miden los niveles de nutriente del suelo así como otras características del mismo. Los agricultores dependen de estos análisis para determinar las necesidades de cal y fertilizantes

de las cosechas. Sin embargo, los análisis de suelo tienen su límite. Las condiciones que afectan a la asimilación del nutriente (como, los suelos mojados) no pueden ser detectados en el laboratorio.

- El análisis de tejido miden los niveles de nutriente solo en los tejidos de la planta. Este tipo de examen pueden poner al descubrimiento problemas no detectados en el análisis de suelo.

De los tres métodos descritos, el análisis de suelo es el más importante para la mayoría de los cultivos especialmente para las anuales. Pueden realizarse un análisis de suelo al principio de la estación para permitir al agricultor suministrar el nutriente necesario antes de la siembra (**Fassbender, 1986**).

a. Análisis de suelo

Hay dos formas básicas para analizar las muestras de suelo. El método más antiguo utiliza reacciones químicas que producen cambios de color. El color exacto depende de la cantidad de minerales disponibles en el suelo. En el caso del análisis del pH, el color depende pH del suelo. Una cantidad medida de sustancia química (o reactivo) se gotea en el tubo. El color de la mezcla resultante es entonces comparado con la de estándares conocidos y se mira en el estándar la cantidad de nutriente.

Los ensayos químicos simples son muy fáciles de utilizar pero no son fiables. Un problema es el elemento humano ya que los resultados están basados en la técnica del probador (persona que hace el ensayo) y en lo que él o ella ven.

El empleo de comparaciones de color visuales ha sido reemplazado en el laboratorio de ensayos por aparatos tan modernos como el medidor de pH y el espectrofotómetro. Estos aparatos miden de una forma rápida y exacta cantidades de minerales en las muestras de suelo. Un espectrofotómetro, por ejemplo, pasa un haz de luz a través de una solución de ensayo y mide la cantidad de luz absorbida.

Cuanta más luz sea absorbida, más fuerte es la solución. Los instrumentos son caros pero mejoran considerablemente las operaciones de laboratorio permitiendo la realización de ensayos más rápidos y con una mayor fiabilidad.

Objetivos de los análisis de suelos:

Para **Fitts y Nelson (1978)**, mencionados por **Rubio** algunos de los objetivos más importantes del análisis de suelo son:

- Indicar los niveles nutricionales en el suelo y, por lo tanto, es el punto de partida para desarrollar un programa de fertilización.
- Predice las probabilidades de obtener una respuesta aprovechable a la adición de cal y fertilizantes.
- El análisis de suelo puede también utilizarse en forma regular para monitorear los cambios nutricionales del suelo, manteniendo así la fertilidad global del sistema en la búsqueda de rendimientos altos sostenidos, con un alto potencial de rentabilidad.
- Determinar las condiciones específicas del suelo que puedan ser mejorados mediante la adición de enmiendas y prácticas de cultivo.

Como se analiza el suelo

La mayoría de los laboratorios de análisis de suelo usan equipos y métodos modernos y sofisticados. La velocidad y precisión de las determinaciones en los laboratorios se logran con el uso de espectrofotómetro de emisión y absorción atómica y mejores medidores de pH. La metodología de laboratorio se mejora constantemente. De manera general, existen tres tipos de análisis de suelo:

- **Análisis de fertilidad:** Incluye la determinación de pH, CE, Materia orgánica, P y K disponibles. Usado para la determinación de las dosis de fertilización.
- **Análisis de caracterización:** Incluye el análisis de fertilidad más CIC, cationes cambiabes, carbonatos, textura, etc. Es un análisis completo y sirve para inferir la fertilidad potencial y la clasificación de los suelos.

- **Análisis especiales:** Comprende la determinación de elementos específicos y poco comunes tales como: micro-elementos (Fe, Cu, Zn, Mn, Cl, B, Mo); elementos contaminantes (Cd, Ni, Pb, Cr, etc.); metales pesados (As, Hg, etc.); entre otros.

b. Análisis de plantas

Bazán (1980), refiere que el análisis de plantas generalmente conocido como análisis foliar, se utiliza para conocer el contenido de nutrientes en una parte de la planta, que generalmente es la hoja. El análisis foliar se ha utilizado desde tiempos bastantes anteriores pero que en los últimos años se ha empleado como una herramienta para determinar el estado nutricional del cultivo e indirectamente la condición de fertilidad del suelo y de esta forma poder determinar las necesidades de nutrientes del cultivo.

En el análisis foliar se asume que la parte de la planta utilizada (generalmente la hoja) es el órgano que refleja el estado nutricional de la planta; además asume que existe una relación estrecha y directa entre el suplemento de nutrientes (suelo y/o fertilizantes) y el rendimiento, entre el suplemento de nutrientes y la concentración de elementos en las hojas y entre la concentración en las hojas y el rendimiento.

Los resultados del análisis foliar pueden utilizarse teniendo en cuenta varios objetivos. El más frecuente de estos objetivos es la verificación de los síntomas de deficiencia de nutrientes; sin embargo, el uso más importante de los resultados es el de determinar si el nivel de fertilidad del suelo es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo.

Plaster (1982), indica que los análisis de tejidos de la planta en combinación con los de suelo dan la visión más completa del estado nutricional de la planta. En los análisis de tejidos, se realizan solo de a los nutrientes de la, planta en lugar de los nutrientes del suelo. Estos análisis son útiles para hacer "Públicos" los problemas de los

oligoelementos y quizás sean más confiables que los del suelo. Los análisis de tejido pueden también indicar si la condición del suelo está impidiendo la absorción de nutrientes. Algunos agricultores emplean los análisis de tejidos para probar la efectividad de sus programas de fertilización.

Factores que influyen en el análisis foliar:

Existen diversos factores que influyen el estado nutricional de la planta y por lo tanto el análisis foliar. La investigación ha observado que hay variación entre el contenido de nutriente como nitrógeno, potasio y magnesio con la edad de las plantas. Esta evidencia demuestra que el momento de muestreo la posición y el tipo de hoja, deben ser establecidos con mucho cuidado para obtener muestras representativas y que el análisis foliar sea válido.

Los niveles de nutriente de las plantas no son todos constantes, lo general es que sean variables en función de una serie de factores tales como por ejemplo la estación climática. Así por ejemplo, los valores de potasio en una planta varían durante el año y en un año a otro. Esta variación puede depender de la intensidad y frecuencia de la lluvia, la cual puede aumentar o no el grado de lavaje del suelo y en consecuencia la concentración de la solución suelo.

Se ha encontrado que la distribución de los elementos nutritivos no es uniforme a través de las diferentes partes de la planta, existe variación de concentración en las hojas, los tallos y las raíces.

Las evidencias señaladas indican que se debe escoger adecuadamente la parte de la planta a analizar debida a los cambios que se observan dentro de la planta. De lo expuesto, se comprende que el análisis foliar no es tan simple y que no se trata de una técnica empírica, sino que tiene sus bases científicas y que deben ser consideradas para el buen aprovechamiento del análisis foliar.

Los análisis del tejido de la planta se utilizan menos, pero cuando se añaden a los análisis del suelo, se obtiene una visión más completa de los niveles de nutrientes de la planta. Los agricultores

que desean realizar análisis de tejidos deben consultar con el laboratorio las instrucciones adecuadas.

c. Pruebas biológicas

Bray en 1948, fue el primero en introducir la técnica de correlación de métodos químicos con respuesta a fertilizantes. Propuso modificar la ecuación de **Mitscherlich** tomando en cuenta el rendimiento relativo expresado en porciento y el valor de análisis de suelo.

A partir de este trabajo de **Bray** otros han sido efectuados usando esta técnica que es el elemento faltante que por su versatilidad ha sido probado con éxito por **Martini** en suelos de América Central, en el Perú ha sido empleado por **Ibáñez** y **Paredes** en Ayacucho, **Prado** en Apurímac, **Guio** en Ancash y por **García** en suelos del departamento de Ucayali.

En vista de que en la técnica de elemento faltante se aplican todos los nutrientes menos el elemento en estudio, este diseño se presta para trabajar en el invernadero, donde el volumen de suelo utilizado es pequeño y las deficiencias nutricionales suelen aparecer con facilidad. Además, se aplican muy bien a suelos pobres donde las deficiencias y desbalances nutricionales también son comunes.

En el presente trabajo se emplea la técnica de elemento faltante como un método biológico rápido para evaluar, mediante un experimento en maceta, la fertilidad de los suelos comparando los rendimientos del cultivo cuando hemos hecho disponible un elemento en ese suelo mediante la fertilización versus los rendimientos del mismo cultivo, cuando solo se emplea la fertilidad natural. (**Ibáñez y Aguirre, 1983**).

Chaminade (1972) menciona que los experimentos en macetas con técnica del elemento faltante, dan tres tipos de información:

- a. Cuales elementos son deficientes.
- b. La información relativa de las deficiencias.

- c. La tasa a que se agota la fertilidad con cortes sucesivos cuando se usa un pasto como planta indicadora.

Para asegurar el éxito relativo con el método de elemento faltante se hace necesario contar con un análisis completo de suelos para luego en el tratamiento completo dar al suelo el estado ideal de fertilidad.

1.2.2. Elementos esenciales

Zavaleta (1992) Dos criterios determinan la esencialidad de un nutriente para la planta: (1) la planta lo necesita para completar su ciclo de vida y (2) está directamente envuelto en la nutrición de la planta. Por tanto para que un suelo produzca bien un producto, en cantidad y en balance proporcional con otros elementos.

Macro y micronutrientes

Los macronutrientes son requeridos por las plantas en cantidades normalmente sobre 500 ppm; ya ellos hacen el volumen del tejido estructural y protoplasmático de la planta; mientras que los micronutrientes son necesarios solamente en cantidades muy pequeños, usualmente menos del 50ppm. Desde que aquellos están asociados con componentes o sistemas muy pequeños de las plantas.

En el suelo se encuentran cientos de minerales, pero en las plantas solo se han encontrado alrededor de 50 elementos y de ellos solo 16 han sido reconocidos como esenciales para el crecimiento de las plantas. Los macronutrientes son los más requeridos, midiéndose su cantidad respecto a las soluciones nutritivas, en gramos es decir medidas en su concentración

Los **Macronutrientes** son el nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, azufre y magnesio. Esto a su vez pueden dividirse en:

- Macronutrientes primarios: nitrógeno, fosforo y potasio
- Macronutrientes secundarios: calcio, azufre y magnesio

Los **Micronutrientes** son los elementos absorbidos en menores proporciones; se miden en miligramos por litro (mg/Lt), o en partes por millón (ppm) que representan la misma. Ellos son: cloro, boro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno, hierro.

Los macronutrientes (primarios y secundarios) poseen un alto umbral de toxicidad, es decir que pueden absorberse en grandes cantidades sin efectos nocivos, en cambio los micronutrientes tienen un nivel de toxicidad bajo, y el limite (referido a la cantidad absorbida) entre la carencia y la toxicidad está muy próximo. El hierro es, dentro de los microelementos, un elemento intermedio.

1.3. NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS:

Zavaleta (1992) Menciona que los minerales forman rocas y estas al meteorizarse forman el material madre del suelo. En el suelo se encuentran cientos de minerales, pero en las plantas solo se han encontrado alrededor de 50 elementos y de ellos solamente 16 han sido reconocidos como esenciales para el crecimiento de las plantas.

En 1872 **Rutherford** demostró la esencialidad del nitrógeno y hasta a fines del siglo pasado 1897, fue probada su esencialidad en forma correlativa del oxígeno, Hierro, calcio, carbono, hidrogeno, potasio y manganeso y en el presente siglo desde 1903, hasta 1954, se demostró la esencialidad del fosforo, magnesio, boro, azufre, cobre, zinc, molibdeno y el cloro, respectivamente (**Mengel y Kirby, 2000**).

1.4. EL NITRÓGENO

Guerrero (1990), afirma que el nitrógeno presente en el suelo se encuentra bajo las formas de nitrógeno orgánico e inorgánico. El nitrógeno se encuentra formando parte de la materia orgánica proveniente de organismos vegetales y animales. Este nitrógeno presenta casi la totalidad del nitrógeno en el suelo; sin embargo no puede ser utilizado por la planta mientras no se transforme previamente en nitrógeno inorgánico.

Fassbender (1987) reporta que, en los suelos con clima tropical el contenido de nitrógeno varía ampliamente entre 0.02 y 0.4% con valores muy altos en los suelos desérticos y semidesérticos, en casos extremos, como en los suelos muy ricos en materia orgánica, pueden llegar hasta 2%. Las cantidades de nitrógeno presentes en el suelo están controladas, especialmente por las condiciones climáticas y la vegetación, estas últimas inciden además, en las condiciones locales de la topografía, en el material parental, en las actividades del hombre y en el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo.

El Nitrógeno en los suelos:

Según **Fassbender (1987)**, refiere que el NH_4^+ en el suelo está sujeto a un proceso de transformación llamado desnitrificación, pasando de NH_4^+ a NO_2^- y a NO_3^- . Este ciclo está a cargo de una serie de bacterias llamadas Nitrosomonas y Nitrobacter. El proceso de transformación de transformación de NO_2^- a NO_3^- es rápido, donde las bacterias Nitrobacter presentan una notable afección por NO_2^- , para luego transformarlo a NO_3^- . Este proceso es muy favorable debido a que los NO_2^- son muy tóxicos para la planta.

Existen en el suelo microorganismos que presentan un ciclo interno de N, inmovilizan el NO_3^- para formar nuevamente sustancias orgánicas nitrogenadas. Las reservas de N orgánico alcanzan 95 al 98% de N en el suelo, de ellos paulatinamente se forman NH_4^+ y NO_3^- , formas inorgánicas del suelo, que son absorbidas por las plantas.

Las plantas presentan características genéticas de selectividad para la absorción de NO_3^- y NH_4^+ , aunque la mayoría de las especies son capaces de absorber ambas formas. Después de la absorción en la planta, se forman nuevamente sustancias orgánicas nitrogenadas, cerrándose prácticamente el ciclo suelo-planta. La absorción de NO_3^- implica que en la planta se tiene que reducir a NH_4^+ para ser utilizada en la formación de proteínas.

En el suelo existe un equilibrio químico entre NH_4^+ y el complejo de intercambio. En el momento en que la planta absorbe NH_4^+ , se libera del complejo coloidal NH_4^+ para compensar la pérdida debida a la absorción, existiendo de esta manera una disponibilidad continua de NH_4^+ . Por otro lado, el NH_4^+ puede ser lixiviado perdiéndose en el agua. El NO_3^- puede ser también absorbido en las superficies coloidales, siempre y cuando se tengan cargas positivas que atraigan las negativas del NO_3^- .

El nitrógeno en los suelos tropicales:

Fassbender y Bornemisza (1986), indican que los contenidos de materia orgánica y de nitrógeno en los suelos, están determinados, en primer lugar, por el clima y la vegetación y segundo lugar, por factores locales como relieve, material parental del suelo tipo y duración de la explotación de los suelos y por otras características físicas y microbiológicas.

El efecto del pH en la disponibilidad del nitrógeno es indirecto. La disponibilidad está relacionada principalmente al efecto del pH en la descomposición de la materia orgánica. El pH menor de 5.5 inhibe la actividad de los organismos nitrificantes. El pH 6 - 8 es el rango más deseable para la disponibilidad del nitrógeno.

Al aumentar el agua de la lluvia aumenta la biomasa de los bosques y así su producción de hojarasca. Sin embargo esta puede provocar una disminución de la materia orgánica, debido probablemente, al movimiento de la misma por erosión.

El Nitrógeno en la planta:

Según **Davelouis (1991)**, menciona que la materia seca vegetal contiene de 2 a 4% de nitrógeno. El contenido de carbono es de 40%, sin embargo, el nitrógeno es el constituyente elemental indispensable elemental indispensable en numerosos compuestos orgánicos importantes (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos).

El nitrógeno es un componente de las proteínas el contenido de proteína de la planta está directamente relacionada con la concentración de nitrógeno de los tejidos de la planta (% de proteína = %N de 6.25). Además el nitrógeno es un componente de las moléculas de clorofila y de los ácidos nucleicos con constitución a los cromosomas.

El nitrógeno acelera el crecimiento. Las plantas que reciben el nitrógeno adecuado tienen un crecimiento vigoroso, unas hojas grandes y largos entrenudos de tallo.

Edward J. Plaster (1982), manifiestan que las plantas con demasiado contenido de nitrógeno no crecen adecuadamente. Los problemas asociados a demasiado nitrógeno son los siguientes:

- Promueve un crecimiento blando, débil y fácilmente perjudicable. Por ejemplo, los tallos de la planta son más débiles y se vuelcan o encaman más fácilmente en la lluvia. El encamado puede convertir una buena cosecha en un desastre.
- El crecimiento blando es propenso a algunas enfermedades e insectos.
- Un crecimiento demasiado rápido retarda la madurez y la maduración de muchas cosechas.
- Un crecimiento demasiado rápido también retrasa el proceso de endurecimiento externo que protege a muchas plantas del frío de invierno.
- Se puede acumular altos niveles de nitratos en algunos cultivos, con posibles efectos para la salud de los animales y personas que las consumen.

1.5. EL FÓSFORO:

Buckman (1985), menciona que exceptuando al nitrógeno, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas, como el fósforo.

Fassbender (1984), señala que el fósforo es relativamente estable en los suelos, no presentan compuestos inorgánicos como los

nitrogenados que pueden ser lixiviados volatilizados. Esta estabilidad se debe a su baja solubilidad, que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas los fosfatos se originan del mineral apatita, que está constituido 90% de fosfato tricalcico, conteniendo F y Ca en forma de sal doble, cierta cantidad de ácido silico y en ciertas ocasiones Fe y Mn. Los cristales apatita se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas, que al meteorizarse, la apatita y su fosfato componente se incorpora al suelo.

Fósforo en el suelo:

Black (1975), refiere que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como orto fosfato, derivándose todos los compuestos de ácido fosfórico. Puede clasificarse como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza en el que se halla. La fracción inorgánica puede clasificarse por su naturaleza física, mineralógica o química o por combinación de ellas en forma cristalinas con el Fe, Al, Ca; así como fosfatos amorfos y ocluidos.

Tisdale y Nelson (1987), indican que la fracción orgánica se halla en el humus, de acuerdo a su estructura química, forma fosfatos orgánicos, como: fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfatos metabólicos, fosfato de inositol y ácidos nucleicos.

Fassbender (1984), menciona que factores como la temperatura, precipitación, grado de desarrollo de los suelos, acidez, actividad biológica; determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo.

El Fósforo en la solución del suelo:

Domínguez (1989) y Estrada (1986), mencionan que el fósforo en la solución de suelo se encuentran en cantidades muy pequeñas, de 0.03 a 0.30 ppm, siendo las formas importantes: los fosfatos mono y di básicos y en menor importancia los ortofosfitos; de modo que en los

suelos pobres deben renovarse para cubrir las necesidades de las plantas.

Thompson (1974), dice que la concentración de iones fosfato en la solución están relacionados con el pH del medio. Entre 2 y 7, predominan los iones $H_2PO_4^-$ y entre 7 a 12, iones HPO_4^{2-} . La concentración del fosfato monobásico es máximo a pH 4 y mínimo a pH de 9, lo contrario ocurre con el fosfato dibásico. Los dos iones se encuentran en equilibrio a un pH de 7.2. Entre el pH 5.5 a 6.0, la solución acuosa del suelo contiene la máxima concentración de fosfato monobásico; estando en equilibrio con los fosfatos de Fe, Al y Ca.

EL Fósforo en la planta:

Domínguez (1989), afirma que las plantas absorben elementos nutritivos por contacto directo de las raíces con la partícula sólida del suelo, pequeñas cantidades de fósforo; pero lo hacen mayormente por difusión de la solución del suelo en forma de ion ortofosfatos monobásico y en menor cantidad como ion ortofosfato dibásico. También pueden absorber moléculas de iones orgánicos.

Black (1975), señala que la absorción de iones ortofosfato, están influenciados por otros aniones minerales; disminuye cuando aumenta en la solución del suelo las concentraciones de los iones NO_3^- y SO_4^{2-} , aumenta en presencia del catión NH_4^+ .

Sobre la distribución del ácido fosfórico en la planta, **Russell (1968)**, menciona que el ácido fosfórico es un componente esencial de las plantas, se encuentra combinado con otras sustancias o con cuerpos simples, formando fosfatos minerales o en la mayoría de los casos son sustancias complejas, que forman combinaciones orgánicas (Lecitinas, fitinas, ácido nucleico, fosfolípidos, y metabolitos fosforilados). El ácido fosfórico abunda en los órganos jóvenes de las plantas, se almacena en las semillas en forma de sustancias de reserva. Las plantas lo absorben sobre todo durante el periodo de

crecimiento activo y al final de la vegetación, se aprecia el traslado del ácido fosfórico hacia los órganos de reserva de la planta.

En cuanto al rol del fósforo en la planta, **Tisdale y Nelson (1987)**, declaran que los compuestos citados anteriormente y otros orgánicos fosforados, son los responsables de la mayoría de los cambios de energía en los procesos de vida aeróbica y anaeróbicos. Estos compuestos fosfóricos son esenciales para la fotosíntesis, la interconversión de carbohidratos y compuestos afines: glicolisis, metabolismo del azufre oxidaciones biológicas y otros procesos. El fósforo es un elemento esencial y constituye de los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y en crecimiento de las plantas. El fósforo en la planta, constituye e interviene favorablemente en las siguientes funciones.

- División celular y crecimiento.
- Floración, Fructificación y formación de semilla.
- Desarrollo radicular.
- Robustecimiento de la paja de los cereales, contrarrestando el acame.
- Mejora la calidad de cosechas.
- En las leguminosas favorece el desarrollo de los nódulos.
- Incrementa el peso y el tamaño de los cultivos que se explota por sus raíces y tubérculos.
- Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.
- Confiere a las plantas precocidad al acelerar la floración y fructificación.

Síntomas de deficiencia de fósforo:

Devlin (1970), señala que la deficiencia en fósforo, puede provocar en las plantas, la caída prematura de hojas, aparición de pigmentación roja o púrpura. Presencia de zonas necróticas sobre las hojas, peciolo, frutos; con aspecto achaparrado y débil de las plantas.

Devlin (1970), Black (1975), Tisdale y Nelson (1987), expresan, que la deficiencia en fósforo en los cultivos, muestran los siguientes síntomas:

- Lento crecimiento y desarrollo.
- Poco desarrollo del xilema y floema.
- Escasa floración y fructificación.
- Retraso de la maduración de las cosechas.
- Las hojas, muestran una coloración verde oscura con matices rojizos (Antocianinas).
- Menor peso y tamaño de las plantas.
- Tallos pequeños, delgados y débiles (maíz).
- Los granos pequeños no germinan.
- Bajo rendimiento del grano, frutos y semillas.

Raymond (1984), indica que los síntomas de deficiencia de fósforo en tomate se presentan en las hojas de un color rojo a púrpura y retarda la división celular. Su exceso provoca la inmovilización de otros elementos esenciales.

El fósforo en los suelos tropicales:

Fassbender (1992), manifiesta que el ácido fosfórico en el suelo puede reaccionar y ligarse a iones de calcio, aluminio o hierro, formando fosfatos cristalizados, con características definidas:

- Fosfatos de calcio: monofosfatos de calcio, difosfatos de calcio, ortofosfatos de calcio, apatita hidroxílica y apatita carbonatizada.
- Fosfatos aluminicos.
- Fosfatos férricos.
- Fosfatos ocluidos están asociados a concreciones de hierro.

La distribución de estas formas está relacionada con los procesos de evolución y formación del suelo y del pH del mismo.

En las rocas primarias solamente se encuentran fosfatos de calcio. Durante los procesos de formación del suelo, las rocas primarias

se van meteorizando y produciendo ácido fosfórico el cual es absorbido por las plantas, o pasa a ser parte de los fosfatos de hierro y aluminio; de manera que a través del tiempo se va produciendo un aumento de fosfato de hierro y aluminio (Hasta que se agota el fosforo disponible), va disminuyendo las cantidades de fosfatos de calcio y va aumentando la cantidad de fosfatos ocluidos.

Resumiendo se puede observar que a medida que un suelo envejece y baja su pH, el fosfato de calcio disminuye y aumentan los fosfatos de hierro y aluminio y más tardíamente predominan los fosfatos ocluidos, resultando así la siguiente distribución:

- Suelos jóvenes: predominan Ca-P.
- Suelos intermedios: Ca-P disminuyen, predominan Fe-P y Al-P.
- Suelos viejos: predominan P-ocluidos.

En el encalado se produce elevación del pH y se acelera la mineralización del fosforo orgánico, pero excesos de cal resultan contraproducentes porque tienden a inmovilizar otras bases (K, Mg). En función a esto, es necesario caracterizar la dinámica del suelo reconociendo la distribución de las diferentes formas de fosforo en el suelo con metodologías apropiadas.

El efecto de los fertilizantes fosfatados depende en gran parte de su naturaleza química (Contenido de P_2O_5 , solubilidad y velocidad de disolución).

Fassbender y Bornemisza (1992) han discutido ampliamente otras posibilidades agronómicas para mejorar la eficiencia de fertilizantes fosfatados, ellas incluyen:

- Optimización del sistema y época de fertilización (bandas, voleo, postura cerca de raíces; regulación de disponibilidad con época de absorción).
- Regulación través del tamaño de partículas (velocidad de disolución, fertilizantes granulados, “peletizados”, mezclas de fertilizantes).

- Aplicación de silicatos (enmascarados de la fijación).
- Aplicaciones de encalado y regulación del pH para determinar las formas de P en el suelo y la velocidad de disolución.
- Regulación de las interacciones con otros elementos nutritivos.
- Mejoramiento de las interacciones con los microorganismos (micorrizas) en la Rizosfera.

1.6. EL POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO:

Fassbender (1993), indica que tanto el potasio como el calcio y magnesio son absorbidos por las plantas en sus formas iónicas a partir de la solución del suelo. El potasio es un elemento alcalino y monovalente, K^+ ; el calcio y el magnesio son alcalinos térreos y bivalentes: Ca^{+2} , Mg^{+2} . Este grupo de iones de la solución del suelo puede ampliarse con el sodio Na^+ como un elemento nutritivo facultativo.

El potasio, sodio, calcio y magnesio regulan el intercambio hídrico, de las células, estos cationes se encuentran dentro de la vacuola celular. Puesto que el sodio y el potasio son hidrofílicos, en tanto, el calcio y el magnesio son hidrofóbicos, la concentración relativa de estos elementos determina la turgencia (presión contra las paredes celulares) y la presión osmótica. Cuando las dos presiones se igualan la célula no gana ni pierde agua. Estos elementos nutritivos juegan un papel fisiológico importante en la planta formando enzimas, coenzimas, pigmentos (clorofila). Los cationes básicos de Ca, Mg, K y Na, tienden a elevar el pH por generar iones OH, por hidrólisis.

Las plantas absorben estos elementos selectivamente, son tomados de la solución del suelo por los "carrier" y llevados al interior de la raíz bajo utilización de energía en la captura y transporte. Además existe la absorción pasiva en la cual, los elementos ingresan a la raíz disueltos en el agua que consume la planta para compensar la pérdida de la misma por transpiración. Así las plantas absorben aluminio y otros elementos químicos, en parte tóxicos.

1.6.1 El Potasio:

El potasio en el suelo:

Fassbender (1984) manifiesta que el contenido de potasio en los suelos varia generalmente entre 0.04 y 3%. En casos excepcionales como en suelos alcalinos, el contenido de potasio puede llegar hasta el 8%.

La meteorización desprende iones de potasio en la solución del suelo desde diversos minerales comunes tales como los feldespatos o las micas. Este ion puede ser capturado fácilmente por las raíces de la planta. Una pequeña cantidad de potasio se convierte en parte de la materia orgánica del suelo, por lo que la mayoría es almacenada en el suelo gracias a la adsorción y la fijación.

Los iones de potasio llevan una carga positiva y por eso son absorbidos en los coloides del suelo. En la mayoría de los suelos minerales, unos pocos kilómetros de potasio están disueltos en la solución de una hectárea de suelo en cualquier momento. Por el contrario varios cientos de kilogramos por hectárea de potasio intercambiable ocupan los sitios de intercambio de catión.

Plaster 1982) indica que el potasio, también puede ser fijado por ciertas arcillas 2:1, atrapado entre las capas 2:1 este potasio puede ser liberado lentamente si el nivel del mismo de la solución del suelo disminuye. Las capas de arcilla de montmorillonita están sueltas que los iones de potasio pueden entrar y salir fácilmente, permitiendo al potasio permanecer disponible.

Worthen y Edmundo (1959) expresan que investigaciones han demostrado que el subsuelo constituye una fuente importante de potasio para las cosechas con raíces profundas. Siempre debe tenerse en cuenta el subsuelo, al interpretar los análisis de suelos, para hacer recomendaciones respecto a la aplicación de fertilizantes. El subsuelo suele tener más potasio que el suelo de la superficie. La erosión puede

poner al descubierto una capa de suelo que sea más rica en potasio que la capa arable.

La mayor parte del nitrógeno y del fósforo existente en el suelo se encuentra en forma orgánica. Está contenida en los tejidos vegetales y animales o en los productos en descomposición. El potasio se encuentra preferentemente en forma inorgánica. La cantidad contenida en los tejidos vegetales es soluble y es arrastrada pronto al suelo, después de la muerte de las plantas.

Se pueden establecer grandes reservas de potasio en el suelo mediante una fertilización intensa, pero no con tanta facilidad como una reserva de fósforo. El potasio se mueve más que el fósforo a través del suelo, pero no tanto como el nitrógeno. El potasio que se aplica con los abonos, contribuye a enriquecer la solución del suelo, pero la arcilla y el humus retiene una parte. Los suelos de textura gruesa no pueden retener mucho, porque contienen poca arcilla y poco humus. El potasio no se fija en el suelo en forma inutilizable.

Movimiento en el suelo:

El potasio se mueve con más rapidez por el suelo que el fósforo, pero con menos rapidez que el nitrógeno. Debido a que el potasio es retenido en la arcilla u otros coloides, es móvil en suelos de textura fina y se lixivia con más facilidad en los suelos arenosos. La mayoría de las capturas de potasio de la planta se produce por difusión. Debido a que el elemento se mueve con más rapidez que el fósforo, la colocación del fertilizante es menos decisiva. Según **Morales**, mencionado por **Ore (1975)**, la disponibilidad de potasio es influenciado por factores ecopedológicos como son el material parental y condiciones climáticas.

El potasio en la planta:

Plaster (1982) expresa que el potasio es un nutriente clave de la planta. Las plantas consumen más potasio que cualquier otro nutriente,

exceptuando el nitrógeno. Los compuestos no orgánicos de una planta contienen potasio, pero muchos procesos biológicos lo necesitan.

El potasio se disuelve en los fluidos de la planta, cubriendo diversas funciones reguladoras. Él potasio activa las necesidades de enzimas en la formación de proteína, almidón celulosa y lignina. Por consiguiente es necesario para el desarrollo de paredes fuertes paredes gruesas de células y tallos de la planta rígidos.

El potasio regula la apertura y cierre de estomas de la hoja (poros en la hoja que dejan pasar el oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua hacia fuera y hacia dentro de la hoja). Por consiguiente el potasio está implicado en el intercambio de gas necesario para la fotosíntesis y la transpiración.

El potasio contribuye al movimiento de los azúcares producidos por la fotosíntesis dentro de la planta, por lo que es importante en el desarrollo y maduración de frutas como la manzana o los tomates. De forma similar, el potasio es necesario para el crecimiento adecuado de la raíz y de las cosechas de tubérculos.

El potasio actúa para equilibrar los efectos del nitrógeno, y para un nitrógeno en particular se sugiere una cantidad de potasio para muchas cosechas. El nitrógeno conduce a un crecimiento suave pero el potasio promueve un crecimiento más duro. La dureza resulta del mayor grosor de las paredes de las células. Este aumento de la dureza mejora las cosechas de varias maneras:

- Las plantas bien provistas de potasio tienen fuertes tallos que son menos propensos al encamado. En el maíz, una reducción del encamado también se produce por el mayor número de raíces en el cuello.
- Las plantas bien nutridas combaten la enfermedad. El potasio reduce las enfermedades como el mildiu de la soja, la cenicienta del tabaco y las manchas foliares.

- El potasio hace que las plantas sean más resistentes al invierno y menos propensas a ser dañadas por las heladas.
- El potasio, por su regulación de la estoma, influye en el porcentaje de transpiración. Una planta con un buen suministro de potasio transpira menos y eso mejora el empleo de suministro de agua.

Cuanto más potasio se encuentre en el suelo, mas capturan las plantas. Sin embargo, no hay pruebas de que un suministro de potasio más allá de las necesidades de la planta, aumente el vigor o la dureza. Además, un exceso en la absorción de potasio puede inhibir la absorción de calcio o magnesio.

1.6.2 El Calcio:

El calcio en el suelo:

La mayor parte del calcio nativo en el suelo se encuentra asociado a feldespatos, piroxenos, anfíboles, micas y minerales arcillosos. Además los suelos contienen otros minerales cálcicos como la calcita y dolomita en suelos derivados de calizas y en forma de anhidrita y yeso en la superficie de los suelos de zonas áridas y semiáridas.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que el contenido total de calcio en los suelos no calcáreos y en regiones no áridas, se encuentra comúnmente, entre 0.2 y 0.1 dag. Kg^{-1} . Se considera que el mineral primario anortita es la fuente más importante de Ca en los suelos no calcáreos.

Una fracción considerable del Ca total se encuentra en forma intercambiable, y otra, menos estudiada, está unida a la fracción orgánica. Los oxisoles suelen contener niveles muy bajos de Ca intercambiable; de acuerdo a **Ritchey, Silva, y Costa (1991)**, el bajo nivel de este elemento en los horizontes de los oxisoles en la región central de Brasil limita el crecimiento de las plantas, gravitando en esto, más que la presencia de niveles de Al.

En general los suelos de regiones húmedas contienen menos calcio que la roca madre. Cuando el lavado es moderado, este catión no sale del perfil, sino que se encuentra acumulado como una capa de carbonato de calcio en un horizonte cuya profundidad aumenta con la precipitación.

Worthen (1959) señala que la cantidad de calcio de un suelo está relacionado con su pH y con la cantidad de arcilla y humus. A igualdad de pH, un suelo que contenga mucha arcilla y humus tendrá más calcio que un suelo sea pobre en arcilla y humus. Las cargas negativas retienen calcio.

Siempre que las lluvias sean de 625 milímetros anuales o más, el agua arrastra calcio a través del perfil del suelo. Al disminuir la lluvia, es también menor la pérdida de calcio durante el proceso de formación del suelo. Los suelos pueden ser ácidos en la capa superficial, pero tener un subsuelo neutro, pudiendo haber una capa donde se haya acumulado cal.

Plaster (1982) indica que el calcio proviene de la meteorización de minerales comunes como el feldespato, la caliza y el yeso. Estos materiales son tan comunes en la mayoría de los suelos contienen suficiente calcio para suministrar gran parte de las necesidades de la planta.

El calcio ni se fija al suelo ni es retenido en la materia orgánica. Es el principal ocupante del complejo de intercambio de catión el almacenaje de calcio depende de la capacidad de intercambio de catión.

La deficiencia de calcio no es normal, y se encuentran generalmente en suelos ácidos o arenosos lixiviados. Un suelo seco o un exceso de potasio pueden inhibir la captura de calcio.

El calcio en la planta:

El calcio se relaciona con la síntesis de proteína por su incremento sobre la asimilación de N-nítrico, se asocia con la actividad de ciertos sistemas enzimáticos e influye sobre el metabolismo de los carbohidratos.

Worthen (1959) indica que una cantidad adecuada de calcio contrarresta el efecto de las sustancias tóxicas que se forman dentro de la plantas. Cuando estas contienen suficiente calcio, dichas sustancias son inofensivas.

Plaster (1992) manifiesta que el calcio es el tercer nutriente más usado. Principalmente las plantas usan calcio para construir las paredes células. Una fina capa de pectato de calcio le da fortaleza a las paredes de la célula. La consistencia de las manzanas viene del pectato de calcio en las células de la fruta.

Debido a que el calcio hace paredes de la célula más fuertes, las plantas lo necesitan más donde se dividen más rápidamente en la raíz y en los extremos del retoño. El calcio también controla mucho el pH del suelo y ayuda a la agregación. Por último, el calcio juega un papel en la formación de proteínas y el movimiento de hidratos de carbono en las plantas.

Debido a que el calcio es necesario para construir nuevas células, las señales más obvias de escasez son los problemas con los brotes y los ápices radiculares que se debilitan al debilitarse las paredes de la célula. El calcio, estando relativamente inmóvil en la planta, puede ser difícil que alcance partes de la planta de desarrollo rápido como la nueva vegetación, ápices de la raíz y brotes y frutas. Las deficiencias de calcio aparecen normalmente en las frutas y hortalizas donde la parte comestible puede recibir suministros inadecuados de calcio.

1.6.3 El Magnesio:

El magnesio en el suelo:

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que el contenido de magnesio total en los suelos no calcáreos varía entre 0.1 – 0.2 %. La mayor fracción del elemento se encuentra asociada con algunos minerales primarios como la biotita la augita y la hornablenda y con otros secundarios, como la montmorillonita.

Entre los silicatos, se sabe que el olivino, la biotita, los piroxenos y los anfíboles muestran contenidos altos de magnesio. Las rocas calcáreas y especialmente las dolomitas, que contienen este elemento como carbonato, se caracterizan por formar suelos hasta con el 2% de Mg total.

En los suelos de regiones áridas, a veces se presentan acumulaciones de $MgSO_4$. Una pequeña parte de Mg se asocia con la materia orgánica del suelo.

En los suelos ácidos de los trópicos, con frecuencia, se requiere la aplicación de este elemento, especialmente para cultivos de cafeto, que tienen altas necesidades del mismo. Según **Sánchez y colaboradores (1985)**, en Ultisoles cultivados de Amazonia, el P y Mg vuelven deficientes los suelos durante el segundo año; ello debido a sus bajas reservas meteorizables y mineralizables.

Plaster (1982) señala que el magnesio es meteorizado de minerales como un catión. Sin embargo, la arcilla retiene el magnesio de una forma menos resistente que el calcio, por lo que es lixiviado más fácilmente. A consecuencia de esto, los suelos con bajo contenido de magnesio son más comunes que los suelos con bajo contenido de calcio. Los suelos toscos fuertemente lixiviados son más propensos a necesitar fertilización con magnesio, especialmente si se han tratado con cal de bajo contenido de magnesio. Altos niveles de potasio del suelo pueden también inducir a escasez de magnesio en las plantas.

El magnesio en la planta:

Worthen y Edmundo (1959) indica que el magnesio es absorbido en forma de ion Mg^{++} es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila por lo que su importancia es evidente. Parece estar al metabolismo del fosforo y es considerado específico en la activación de numerosos sistemas enzimáticos.

Es un elemento móvil y se traslada rápidamente de las partes viejas a las jóvenes en casos de deficiencia; en consecuencia el síntoma aparece a menudo en primer lugar en las hojas más bajas. En muchas especies la deficiencia se muestra como clorosis entre los nervios de las hojas, en la cual solamente los nervios permanecen verdes. La clorofila da a las plantas verdes la capacidad de utilizar la energía del sol para formar proteínas, hidratos de carbono y grasas de estructura compleja, a partir de elementos químicos simples.

Zavaleta (1992) indica que el magnesio evita la clorosis. Es un activador de las enzimas y favorece la formación de azúcares.

Plaster (1982) manifiesta que el magnesio se parece al calcio químicamente y en su acción en el suelo. Sin embargo su papel en la planta es diferente. El magnesio es ingrediente esencial en la clorofila: cada molécula tiene un átomo de magnesio en su centro. El magnesio también ayuda a la captura de otros elementos, especialmente del fosforo. Como el potasio, el magnesio activa un número importante de sistemas de enzimas. El magnesio está implicado en la síntesis de proteína, carbohidratos y grasas así como un amplio rango de otros compuestos. Las plantas con deficiencia de magnesio ofrecen menos resistencia a la sequedad, al frío y a la enfermedad. Los signos aparentes resultantes de los bajos niveles de clorofila incluyen la clorosis y el amarilleo de la hoja, empezando con las hojas más viejas.

1.7. EL AZUFRE:

El azufre en el suelo:

Fassbender y Bornemisza (1992) manifiesta que el contenido de azufre de los suelos varia para suelos inorgánicos entre 0.02 y 0.2%. Los suelos orgánicos presentan a veces hasta el 1% de azufre.

En suelos de regiones áridas existen niveles considerables superiores de azufre, debido a la acumulación de sulfatos, o al ascenso (por capilaridad) de aguas subterráneas ricas en ellas, o como resultado del contenido de sulfatos en las aguas de riego aplicadas.

Entre los compuestos principales que se acumulan hay que mencionar al yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la anhidrita (CaSO_4) y la epsomita ($[\text{MgSO}_4] \cdot 4.7\text{H}_2\text{O}$). En cantidades menores se encuentran minerales poco solubles, como los sulfuros: esfalerita (ZnS) y la calporita (CuFeS_2).

De acuerdo a **Fox (1968)**, para que se dé una adsorción apreciable de sulfato, se requieren tres condiciones que son: la presencia de superficies que reaccionen, la existencia de un ambiente químico favorable y la existencia de sulfato en la solución del suelo. Las cantidades de sulfato adsorbido pueden ser muy altas, especialmente, especialmente cuando se abona fuertemente y cuando la concentración de sesquióxidos en el suelo es alta. En estas condiciones, **Fox** observo que en 11 suelos fuertemente meteorizados la adsorción aumentaba con la profundidad esta aproximadamente 100cm; también constato que en 120cm, incluidos los anteriores, diez de los once suelos contenían más de 4000 Kg. Ha^{-1} de sulfato.

El azufre se absorbe por las raíces de las plantas casi exclusivamente en forma del ion sulfato SO_4^{--} . **Thompson (1974)** encontró que la falta de azufre reducía la arte en las rocas ígneas que contiene entre 0.05 y 0.30 % de azufre, principalmente como sulfuros

de Fe, Ni y Cu. Las rocas ígneas básicas generalmente tienen un contenido más alto que las de tipo ácido.

Son varias las características del suelo que influyen grandemente en la absorción de sulfatos, entre los más importantes se encuentra el pH, el contenido de arcillas, la materia orgánica y la presencia de hidróxidos de Fe y Al.

Muchos autores, citados por **Ramírez (1990)**, han demostrado que la absorción de sulfatos depende del pH, siendo mayor según el medio sea más ácido. Arriba de pH 7 los sulfatos son muy pocos absorbidos. El factor que influye en la absorción de sulfatos, es el tipo de mineral de arcilla predominante. Los suelos con arcillas caolinitas predominantes tienen un potencial de absorción de sulfatos muchos más alto que suelos con arcillas motmorilloníticas.

Plaster (1982) afirma que la mayoría del contenido de azufre del suelo proviene de la meteorización de minerales de sulfato como yeso. El anión de sulfato es la forma usada por las plantas. La materia orgánica contienen entre en 70 y un 90 por ciento de azufre del suelo; no es adsorbido ni fijado a un grado. Debido a que es rápidamente lixiviado, las capas de la superficie del suelo tienen a menudo una baja cantidad de azufre. Los suelos lixiviados y con bajo contenido de materia orgánica son candidatos probables a la escasez de azufre.

El azufre en la planta:

Plaster (1982) manifiesta que las cosechas necesitan menos azufre que otros macronutrientes, pero es todavía un nutriente decisivo. Algunas proteínas incluyen azufre y es necesario para producir clorofila. Ayuda a la nodulación de las leguminosas y la producción de semillas de todas las plantas. En conjunto, el azufre mejora los contenidos de proteína y clorofila, la tolerancia al estrés, la nutrición mineral y la aparición de los productos de la planta. Los sabores picantes de la cebolla derivan de los compuestos de azufre.

Zavaleta (1992) afirma que es un constituyente de las proteínas y de las enzimas. Los signos aparentes resultantes de los bajos niveles de clorofila incluyen la clorosis y el amarilleo de la hoja, empezando con las hojas más viejas.

1.8. INFORMACIÓN GENERAL DEL CAFÉ

El Perú tiene climas favorables para el cultivo del café condiciones favorables para la producción de cafés especiales porque tiene diversos pisos ecológicos con climas propicios para su cultivo. Se puede aprovechar la experiencia de los agricultores en el cultivo de variedades de alta calidad como Típica y Bourbon.

Cafés de tipo arábico producidos en el Perú: la Típica, Caturra, Borbón y Pache, producidos bajo sombra y amigables con el medio ambiente.

El crecimiento geométrico de los coffee shops, cafeterías y microtostadoras en los países desarrollados muestra que la demanda por cafés especiales crece y seguirá creciendo en el mundo. La demanda de cafés especiales en el mundo es una oportunidad para los productores de café en el Perú, tanto.

En **1997** los cafés especiales peruanos incursionan en el mercado internacional y en el 2 000 superaron los 130 000 quintales 60% de los cuales corresponden a café orgánico según reportó la Junta Nacional de Café.

Los cafés especiales alcanzan cotizaciones de US\$ 20 hasta US\$ 90 por quintal sobre el precio alcanzado en los contratos en la Bolsa de Nueva York, por lo tanto constituyen una alternativa importante debido a su alta rentabilidad. Según el noticiero electrónico "Café de Calidad al Día" el 45% del consumo de cafés en los EE.UU. corresponden a cafés de orígenes únicos, mezclas de orígenes específicos y orgánicos.

La oferta del Perú de cafés especiales para el año 2000-20001 según **APECAFE**, organización creada para fomentar la producción y comercialización de cafés especiales con auspicio de PROMPEX

La débil organización de los productores obstaculiza el desarrollo de actividades y el aprendizaje sobre la producción de cafés especiales. La producción de café de regiones específicas no es reconocida como cafés especiales por la comercialización tradicional, la falta de certificación y de información sobre la demanda de los mercados internacionales.

1.8.1. EL CAFÉ

El café es una de las bebidas de consumo más difundido en el mundo. Es también una de las más antiguas. Su nombre se asocia al vocablo turco kawah, que significa "lo que maravilla y da vuelo al pensamiento" aunque también podría derivarse de los vocablos qahwa o qaharva, uno de los nombres árabes del vino. Otras versiones relacionan su nombre con la región de Kaffa en la Alta Etiopía, de donde probablemente provenga el grano.

Sobre su origen se han tejido una serie de historias "Dicen los que saben que fue en África y en Arabia donde se inició el consumo del café, allá por los siglos XV y XVI. Igualmente, la leyenda cuenta que cerca del año 600 en un monasterio un pastor llamado Kaldi observó que sus cabras se comportaban en forma diferente después de haber comido las hojas de un arbusto desconocido para él mundo.

Este descubrimiento lo llevó a preparar una infusión con las hojas y semillas del cafeto para probarla el mismo. Y al comprobar alguno de sus atributos, la dio a beber a los monjes para evitar que se durmieran durante sus oraciones nocturnas". Su agradable sabor y el contenido de cafeína alcaloide con efectos estimulantes ha sido un factor decisivo en la generalización del consumo de café a escala mundial.

El café llegó a América gracias a los franceses en el siglo XVIII y fueron los holandeses quienes ampliaron su cultivo a Sudamérica. En el siglo XIX el café producido en el Perú, en las localidades de Moyobamba, Jaén, Huánuco y Cusco, era para el consumo local y una incipiente exportación a Chile.

Los europeos que colonizaron el valle de Chanchamayo, empezaron a cultivar junto al café, *Erythroxylum coca*, tabaco, cacao, caña de azúcar. En

1850 la producción se hizo considerable y difundida por los jesuitas se logra mayor producción desde 1880, convirtiendo al Perú en exportador de café en 1887 enviando embarques a Alemania, Inglaterra y Chile.

En 1930, capitales ingleses consolidan como zona cafetalera el valle de Chanchamayo.

a. Principales factores de clima que influyen en la producción de café

- **Temperatura:** 17° a 23°C
- **Altitud:** 650 a 1,800 m.s.n.m.
- **Precipitación:** De 1,500 a 2,500 mm, anuales bien distribuidos
- **Brillo Solar:** menos de 13 horas de sol/día

b. Condiciones edáficas para al cultivo de café

Las condiciones edáficas se muestran en el siguiente cuadro

Características	Bajo	Optimo	Alto
	Igual o menor de		Igual o mayor de
pH	5.00	5.5-6.5	7.00
Al (meq/100gr)		0.30	1.50
Ca (meq/100gr)	4.00	4-20	20.00
Mg (meq/100gr)	1.00	1-10	10.00
K (meq/100gr)	0.20	0.20-1.5	1.50
Cu (meq/100gr)	1.00	1-20	20.00
Zn (meq/100gr)	3.00	3-15	15.00
Fe (meq/100gr)	10.00	10-50	50.00
Mn (meq/100gr)	5.00	5-50	50.00
	Desbalance		Desbalance
Ca/Mg	2.00	2-5	5.00
Mg/K	2.50	2.5-15	15.00
Ca/K	5.00	5-25	25.00

c. Propiedades físicas del suelo

- **Textura.-** Esta referida a concentración porcentual de arena, limo y arcilla. Los mejores suelos para cultivar café son los llamados francos
- **Estructura.-** Es la forma como se agrupan las partículas o granos del suelo y es determinante para el crecimiento y penetración de las raíces, al incidir sobre la porosidad va a influenciar en la

concentración de aire y de agua presente en los suelos, paralelamente reduce el riesgo a la erosión. La mejor para el cafeto es la tipo granular.

- **Porosidad y permeabilidad.-** Al agruparse los granos o partículas del suelo para formar terrones, quedan entre ellos espacios de tamaño variable denominados poros, que son ocupados por el agua y el aire. La permeabilidad se refiere a la velocidad con la que el agua y el aire circulan o se mueven a través de los poros del suelo. Los mejores suelos para el café son los francos, en los cuales la permeabilidad es moderada

d. Zonas de Producción:

El café se produce en 210 distritos rurales ubicados en 47 provincias de 10 departamentos de un total de veinticuatro que conforman el Perú. La superficie cultivada con café ocupa 230,000 hectáreas distribuidas en tres zonas, siendo la región más apropiada para obtener los mejores rendimientos con alta calidad la que se ubica al extremo central oriental de la Cordillera de los Andes, en la denominada zona de la selva, bajo una ecología tropical.

La zona norte consta de 98 mil hectáreas cafetaleras que constituyen el 43% del área total cultivada y está conformada por los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín. La zona central abarca unas 79 mil hectáreas, es decir un 34% de los cafetales de la nación, que comprende Junín, Pasco y Huánuco. En la zona sur, 53 mil hectáreas que componen el 23% del hectareaje total, está integrada por los departamentos de Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno.

e. El Cafeto:

Los cafetos son arbustos de 6 a 8 m de altura, pero que por poda se mantiene en 2 m. Estos arbustos requieren una temperatura elevada (20 a 25°C) y una humedad atmosférica importante. Es una planta de semisombra, que hay que proteger de los vientos y de las temperaturas bajas. La recolección se realiza en varias etapas y requiere mano de obra abundante, lo

que interviene como un factor principal en el precio del café. El problema de su mecanización aún no está resuelto. *Coffea arábica* es la especie cultivada más abundante. Le sigue la *Canéfora*.

f. Las flores, el fruto, el grano:

Las flores blancas del cafeto se disponen en grupos en la axila de las hojas. Los frutos son pequeñas "cerezas" rojas, que contienen cada uno dos granos de tamaño variable, según las variedades del cafeto. Los granos se separan de la pulpa del fruto antes del descascarillado, la selección y la puesta en sacos; se trata del café "verde", forma en la que se cotiza, se vende y se exporta. El café verde es sometido después a torrefacción.

g. Producción regional:

La producción se realiza en 15 departamentos de los cuales 5 representan en el año 2 001 el 87.4%. Estos departamentos fueron: Cusco con el 20.6%; Junín con el 19.6%; Cajamarca 17.3%; San Martín 16.4% y Amazonas con el 13.4%. Durante la década San Martín registro un crecimiento bastante elevado pasando del 2.6% del total en 1990 al 16.4% en 2 001.

h. Producción andina:

El café es un cultivo importante en la subregión andina existiendo alrededor de un millón de familias involucradas que producen 895 mil toneladas y exportan 2 714 millones de dólares. Se calcula asimismo que existen más de 1.8 millones de hectáreas de producción.

Colombia es el principal productor y exportador de café en la subregión. Este país produce el 67.1% del total sub regional exporta el 84.7% tiene el 49.3% del total de hectáreas producidas y con el 67.1 % en el primer caso y 85% en el segundo

Perú es el segundo productor y exportador aunque está por debajo de Ecuador en materia de familias cafetaleras y hectáreas de producción.

El café juega un papel de la mayor importancia al constituirse en una fuente sostenible de empleo en zonas rurales de extrema pobreza representando asimismo la mejor alternativa al cultivo de plantaciones de coca.

Café en la Comunidad Andina. 1999

País	Familias café		Ha en producción		Producción		Valor FOB Exportaciones	
	Miles	(%)	Miles	(%)	Miles t	(%)	Millones d	(%)
Colombia	580.0	60.4	869.2	49.3	600.0	67.1	2,300.0	84.7
Perú	117.0	12.2	230.0	13.0	144.7	16.2	264.6	9.7
Ecuador	160.0	16.7	350.0	19.9	72.0	8.0	104.4	3.9
Venezuela	80.0	8.3	288.0	16.3	69.0	7.7	35.0	1.3
Bolivia	23.0	2.4	26.0	1.5	9.1	1.0	10.0	0.4
Total	960.0	100.0	1,763.2	100.0	894.8	100.0	2,714.0	100.0

Fuente: Ministerio de Agricultura

i. Control de calidad:

La calidad del café peruano tiene una sólida base en los microclimas y la altitud, pero también depende en gran medida de la variedad de semilla y de la aplicación de prácticas agrícolas adecuadas. Asimismo, hablar de cultura de calidad también implica el reconocimiento a la gestión y cumplimiento en las entregas de los compromisos internacionales.

j. La calidad del café depende de varios elementos:

El beneficio del café en el Perú se efectúa por proceso húmedo (fermentación). El producto se maneja con un estricto control de calidad desde la semilla y el cultivo de almácigos, pasando por la cosecha del cerezo hasta el tratamiento en las plantas de beneficio, determinación del contenido de humedad, evaluación de cualidades físicas, análisis de taza, proceso de tostado, envasado y estabilidad durante el almacenamiento.

El sector privado constituido por diversos agentes independientes - exportadores-, industriales, cooperativas y productores- ha desarrollado la

infraestructura necesaria para todas las fases del proceso productivo y es quien tiene a su cargo el acopio y la comercialización del grano verde o tostado. El Estado se encarga de dictar las políticas agrarias y ejerce el control fitosanitario a través de sus instituciones rectoras.

En noviembre de 1998 se inauguró el primer laboratorio especializado en café a nivel nacional, con el apoyo del Proyecto Café Orgánico. Este centro tiene como finalidad elaborar el patrón de calidad del café peruano; establecer, en coordinación con el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), las normas técnicas de calidad del café, capacitar a técnicos catadores y emitir certificados de calidad del producto.

Los agentes económicos involucrados en el comercio de café: exportadores; comerciantes, importadores y tostadores evalúan la calidad del café examinando los siguientes elementos:

- El aspecto exterior del grano verde o crudo denominado grano verde.
- El aspecto exterior del grano tostado, conocido como tueste
- El sabor conocido como taza o infusión y determinado mediante la captación.

La calidad es una de las claves para incursionar en un mercado tan competitivo como el del café; por tal motivo el Comité Técnico de Normalización de Productos Agroindustriales para Exportación sub-comité Café publicó el 3 de noviembre de 2001 la Norma Técnica NTP 209.027: que establece los requisitos de café verde aplicables a su comercialización.

	CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ VERDE
Grado 1	Descripción General compuesto de grano de café lavado de cosecha nueva, sumamente bien desarrollado y preparado. Café mantenido en buena forma, homogéneo, estrictamente producido en zona alta, de olor intensamente fresco y color homogéneo. Bueno a excelente calidad de taza, cumpliendo con todos los

	CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ VERDE
	requisitos específicos de sabor. Humedad: 10% Defectos : Máximo número de defectos: 15
Grado 2	Descripción General Compuesto de grano de café lavado de cosecha actual. Café de altura, de olor fresco y color homogéneo. Buena calidad de taza. Sin embargo, no cumple con todos los requisitos de sabor de un café de Grado 1. Ausencia de características típica, incapaz de caracterizar mezclas. Humedad: 10% - 12.5% Defectos: Máximo número de defectos: 23
Grado 3	Descripción General Compuesto de grano de café lavado y/o natural de período de la cosecha actual. Calidad mediana de taza. Café cuya calidad original hasta cierto punto ya ha empezado a deteriorarse, por ejemplo no siendo completamente fresco y/o bien preparado. Café que hasta cierto punto le falta característica de sabor básico (debido al tiempo de la cosecha o café de zona baja), sin llegar a ser claramente defectuoso. Humedad: 10% - 12.5% Defectos : Máximo número de defectos: 30
Grado 4	Descripción General Todos los cafés lavados y naturales que han sido afectados por el deterioro de envejecimiento (cosecha vieja/pasada) o deterioro por mala preparación, almacenamiento inadecuado y/o deficiencias en el transporte, mostrando sabor a madera o sabores similares no deseados a una magnitud moderada. Humedad: Máximo 13% Defectos : Máximo número de defectos: 35
Grado 5	Descripción General Cafés lavados y naturales que exhiben defectos de sabor como por ejemplo sabor fermentado, mohoso, terroso, fenólico, sumamente viejo, etc. Cafés que excedan la máxima cantidad de defectos de taza permitida según las

	CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ VERDE
	especificaciones. Humedad: Máximo 13% Defectos : Máximo número de defectos: 40

- Zona norte: El 43% de la producción se encuentra en Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín.
- Zona central: El 34% de la producción se encuentra en Junín, Pasco y Huánuco
- Zona sur: El 23 % de la producción se encuentra en Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno

Entre las principales empresas cafeteras del Perú tenemos:

Ord.	Empresa	Valor FOB Mils U\$	P. Neto (t)	P. Bruto (t)	%
	TOTAL	306.06	142,151.27	142,944.14	100%
1	Perales Huancaruna S.A.C.	84.98	39,154.43	39,351.09	27.77%
2	Cia Internacional del café S.A.C.	34.99	17,124.68	17,195.96	11.43%
3	Comercio & Cia S. A.	28.01	14,918.78	14,972.47	9.15%
4	Cent. De coop. Agraria cafetalera Cocia Ltda 281	23.96	9,842.55	9,916.19	7.83%
5	Romero trading S.A.	16.13	7,931.15	7,987.45	5.27%
6	Procesadora de Quillabamba S.A.	11.79	5,387.03	5,432.70	3.85%
7	Procesadora del Sur S. A.	11.27	5,156.00	5,170.32	3.68%
8	Cafetalera Amazonica S.A.	9.10	4,341.55	4,365.71	2.97%
9	Louis Dreyfus Peru S. A.	8.41	4,097.52	4,109.48	2.75%
10	Valdivia canal Hugo	7.72	3,966.88	3,985.01	2.52%
11	Pronatur E.I.R.L.	6.81	2,728.12	2,745.59	2.22%
12	Cent. De Coop. Agraria cafetalera Valles Sandia Ltda	5.95	2,130.03	2,153.06	1.94%
13	Cooperativa Agraria Cafetalera la Florida	4.83	1,955.97	1,973.23	1.58%
14	Asoc. Central Piurana de Cafetaleros	4.25	1,653.22	1,664.76	1.39%
15	Laumayer Peru S.A.C.	4.22	1,829.64	1,839.24	1.38%
16	Corparación de productores Café Peru S.A.C.	4.15	1,357.58	1,370.74	1.36%
17	Machu Picchu Coffe Trading S.A.C.	4.00	1,983.29	1,999.30	1.31%
18	Coex (Peru) S. A.	3.61	1,746.84	1,761.54	1.18%
19	Sanzhez Rossiter Rosemery Lizbeth	3.30	2,394.03	2,400.82	1.08%
20	Asoc. Productores Agrop. Rodriguez de Mendoza	2.20	759.69	767.85	0.73%
21	Otros	26.38	11,692.29	11,781.63	8.63%

Fuente: Ministerio de Agricultura

k. Mercados del café:

El café se puede comprar en cualquier establecimiento que venda productos de alimentación, o en cualquier local como bares o restaurante. En los bares y restaurantes lo sirven ya hecho y listo para tomar, mientras que en los supermercados se encuentra aún por preparar.

En una tienda de alimentación se pueden observar que existen varias marcas de café, cada una de ellas preparadas de distinto modo (recolección, tostado, molienda, etc.).

En el mercado existen varios tipos de formas de encontrar el café, se puede escoger entre café instantáneo, molido, y en grano, aparte de los descafeinados.

El café representa el sustento económico de más de 150 mil familias involucradas en la producción nacional y un promedio de 1.5 millones de peruanos están comprendidos indirectamente en la cadena cafetalera. El cultivo está distribuido en las zonas de selva alta donde constituye un factor estratégico para la consolidación de los objetivos de un programa nacional para elevar la calidad del café.

Los principales mercados de café peruano son: Alemania, Estados Unidos, Canadá, Japón y Corea.

l. Demanda del café en el Perú:

En promedio, el 95 % de la producción nacional cafetalera es destinada a la exportación y el resto al consumo interno. En la última década el café ha constituido una importante fuente generadora de empleo y demandante de insumos, bienes y servicios, especialmente en las zonas donde se cultiva este producto, siendo fuente de empleo para 123 mil familias que viven de este cultivo, quienes están incluidas dentro de los aproximadamente 1 millón peruanos repartidos a lo largo de toda la cadena de valor (productores, comerciantes, acopiadores, transportistas, distribuidores, tostadores, comerciantes grandes y pequeños, administradores, entidades financieras, exportadores, técnicos y profesionales en todos los sectores mencionados,

tostadurias, cafeterías, así como la agroindustria, entre otros). Se asume que por cada hectárea de café, trabajan en forma permanente cuatro peruanos.

Actualmente constituye uno de los productos principales para la ejecución de proyectos de "Desarrollo Alternativo ", dentro de las acciones que conduce el país en la lucha contra el narcotráfico. Sus áreas de cultivo se encuentran distribuidas a lo largo de la Selva Alta y los Andes tropicales, considerada como una de las más importantes zonas críticas, por contener el mayor número de ecosistemas del mundo amenazados por las actividades humanas y en pisos ecológicos donde las condiciones climáticas permiten la obtención de un café de alta calidad, lo que constituye una fortaleza potencial que nuestro país deberá aprovechar en los años venideros.

Es por esta razón que la demanda del café ha ido aumentando conforme se van produciendo productos de mejor calidad, de mejores sabores y más naturales que no dañen tanto el cuerpo humano. El consumo de café se da tanto a personas adolescentes como también en adultos. El café se toma en forma de bebida, la mayoría de las veces, al despertarse, o después de comer, ya que es una bebida que tiene cafeína, y ésta tiene propiedades que ayudan a digerir, y a despejarse, ocasionan cierta lucidez, te mantiene activo, pero reconfortando al cuerpo.

1.8 EL TOMATE COMO CULTIVO INDICADOR.

INFOAGRO (2008), indica que el tomate posee una raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes); dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada, es rica en cloroplastos.

Sia.huaral.org (1995), menciona que el mejor suelo para el cultivo de tomate es el suelto de textura silíceo arcilloso y rico en materia orgánica, con pH entre 5.5 y 7.2. No tolera el encharcamiento. Lo más destacable en cuanto al suelo es que se trata de una especie con cierta tolerancia a la salinidad. De ahí que admita el cultivo en suelos ligeramente salinos o el riego con agua algo salitrosa.

Por estas consideraciones al tratarse de un cultivo altamente extractivo de nutrientes, además de las características de la planta por ubicarse en una clasificación de plantas C4, por su alta capacidad fotosintética, se ha elegido éste cultivo para poder extraer los nutrientes del suelo en corto tiempo y de ésta manera poder determinar el estado nutricional de los suelos en estudio.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación:

Para el presente trabajo de investigación se tomaron en cuenta 07 anexos del Distrito de Anco, de los cuales se eligieron parcelas representativas para cada lugar con cultivo de café, provincia de La Mar, Región Ayacucho. La conducción del experimento se llevó a cabo en el invernadero del Área de Investigación en Suelos del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en Ayacucho a 2760 m.s.n.m.

2.2. Instalación y conducción del experimento:

2.2.1. Suelos utilizados en el experimento:

El suelo se recolectó de siete anexos en el Distrito de Anco, Provincia La Mar - Ayacucho: A continuación se mencionan algunas características de cada una de ellas:

Suelo de Chontabamba:

Presenta un relieve ondulado ligeramente accidentada, con escorrentía superficial media, con una profundidad de 0.7 - 0.8m., con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1474 msnm

Latitud : 12°55'17.33"

Longitud : 73° 34'35.64"

Suelo de Arwimayo:

Presenta una fisiografía ligeramente accidentada y relieve suave, con escorrentía superficial media, con una profundidad de 0.7 - 0.8 m. con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1308 msnm

Latitud : 12°57'30.05"

Longitud : 73°32'46.24".

Suelo de Porvenir:

Presenta una topografía ligeramente accidentada y relieve suave, con regular drenaje superficial, con una profundidad de 0.7 - 0.8m. con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1072 msnm

Latitud : 12°59'39.50"

Longitud : 73°32'35.50".

Suelo de Buena Gana:

Presenta un relieve ondulado, con drenaje superficial medio y con profundidad de 1.8m. con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1661 msnm

Latitud : 12°55'53.92"

Longitud : 73°35'22.53".

Suelo de Huayrapata:

Presenta una topografía ligeramente accidentada y relieve ondulado, con regular drenaje superficial, con profundidad de 1.3m. con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1643 msnm

Latitud : 12°56'31.16"

Longitud : 73°34'12.85".

Suelo de Mejorada:

Presenta una topografía ligeramente accidentada y relieve ondulado, con regular drenaje superficial, y una profundidad de 0.8m. con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1308 msnm
Latitud : 12°56'38.79"
Longitud : 73°35'20.67".

Suelo de San Antonio:

Presenta un relieve ondulado, con drenaje superficial medio y una profundidad de 0.7m. con las siguientes coordenadas:

Altitud : 1310 msnm
Latitud : 12°56'56.98"
Longitud : 73° 32' 54.02"

2.2.2. Muestreo y preparación del suelo:

Se tomaron muestras en los siete lugares seleccionados a una profundidad de 0.30m., recogiendo aproximadamente 60 Kg de tierra en cada lugar para la prueba de invernadero; asimismo se tomó muestras del perfil del suelo para el estudio de caracterización. Se trasladó a la ciudad de Ayacucho y se procedió a secarlas al aire libre, se procedió a la molienda, tamizado y almacenamiento para su posterior análisis.

2.2.3. Instalación del experimento en el invernadero:

Macetas:

Se emplearon envases de polietileno de 1Kg. de capacidad de 12cm. de alto x 12cm. de diámetro, a los cuales se le hicieron agujeros para favorecer el drenaje de agua. En el fondo de cada maceta se colocó una capa 1cm. de grava sobre el cual se depositó 0.9Kg. De suelo seco al aire y tamizado con malla de 4mm. De diámetro.

Cultivo:

Se empleó como planta indicadora, el tomate (*Lycopersicum esculentum*), variedad "Río Grande" por ser sensible a la deficiencia de nutrientes y manifestar síntomas característicos a la carencia de elementos esenciales de la fertilidad del suelo. Además se consideró la capacidad del cultivo para obtener un buen crecimiento bajo

condiciones restringidas de suelo especialmente cuando crecen varias plantas por maceta.

Niveles de nutrientes:

La aplicación de los nutrientes se efectuó a partir de reactivos químicos en solución en lugar de abono comercial para evitar en lo posible contaminaciones y aumentar su solubilidad, una vez establecido el equilibrio de los nutrientes con el suelo. Para obtener la solución acuosa se disolvieron los reactivos en 1L. de agua destilada que permitió aplicar 5ml. a cada maceta 3 días antes de la siembra con el fin de establecer un periodo de equilibrio entre el fertilizante y el suelo.

Los niveles y fuentes de nutrientes utilizados se indican en el cuadro 2.1, cuyas dosis se establecieron de acuerdo a lo recomendado por Ibáñez y Aguirre (1983).

Cuadro 2.1. Niveles y Fuentes de Nutrientes

Nutriente	NIVELES		REACTIVO	FUENTE
	Kg.ha ⁻¹	ppm		
N	300	150	CO(NH ₂) ₂	Urea
P	360	180	NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	Fosfato de sódio
K	200	100	KCl	Cloruro de potasio
S	200	100	S	Flor de azufre
Ca	100	50	CaCl ₂	Cloruro de calcio
Mg	20	10	MgCl ₂	Cloruro de magnesio
Fe	10	5	EDDHA-Fe	Secuestrene
Cu	2	1	CuCl ₂ ·2H ₂ O	Cloruro de cobre
Zn	10	5	ZnCl ₂	Cloruro de zinc
Mo	10	5	((NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	Molibdato de amonio
B	3	1.5	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	Borato de sodio

Siembra:

Se sembraron 10 semillas de tomate por maceta para mayor seguridad, una vez que las plántulas alcanzaron una altura adecuada (5cm.), se procedió al desahijé, dejando tres plántulas por maceta; en algunos suelos se presentaron problemas de endurecimiento del suelo, por las misma naturaleza de las fuentes de nutrientes aplicadas que

fueron en forma de sales, además por ser demasiado arcilloso algunos de los suelos.

Riego:

Se realizaron riegos interdiarios utilizando agua desionizada procurando mantener la humedad a capacidad de campo.

Control Fitosanitario:

Aproximadamente a los 25 días del transplante se detectó el ataque de la enfermedad fungosa denominada "Chupadera" (*Rhizoctonia sp*) la que fue controlada mediante la aplicación de fungicida.

Cosecha:

La cosecha se realizó a los 60 días siendo después de la siembra, cuando las plántulas de tomate mostraron síntomas característicos de deficiencia de algunos nutrientes; el día 13 de noviembre del 2013, se procedió a cortar desde la base del cuello de la planta para luego depositarlos en bolsas de papel, las cuales se sometieron a secado en estufa hasta peso constante (aproximadamente 24 horas) para la determinación de materia seca en cada unidad experimental, utilizando una balanza analítica.

2.2.4. Técnicas Analíticas Utilizadas en los Análisis de Suelos:

El análisis físico químico se realizó en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH, cuyos métodos empleados se indican a continuación:

- **pH** : Método potenciómetro
- **Materia Orgánica** : Se determinó por oxido-reducción, según el método propuesto por Walkley – Black.
- **Fosforo** : El fosforo disponible se determinó por el método de Bray Kurtz I

- **Potasio** : El potasio disponible se determinó mediante el método Turbidimétrico. MORGAN PEECH
- **Ca y Mg** : Por complexometría.
- **CIC** : Por Destilación.
- **H y Al** : Por Titulación.
- **Determinación de la textura (arena, limo y arcilla):** Por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

2.3. Variables en Estudio:

Se realizó el análisis de suelo y el rendimiento de materia seca a los 60 días después de la siembra, una vez que las mismas mostraron síntomas de deficiencia específica de los nutrientes.

2.4. Técnica del Elemento Faltante:

Un método rápido y sencillo propuesto por **J.A. Martini (1970)** para evaluar la fertilidad de los suelos es la del elemento faltante. Este método fue uno de los primeros diseños experimentales empleados en la caracterización de la fertilidad de los suelos. Desde que **Salm-Horstmar** la utilizó en el invernadero y **Georges Ville** la puso en práctica en el campo 1870, muchos otros investigadores han hecho uso extensivo en esta técnica con bastante éxito (**Ibáñez, 1976**).

En vista de que en la técnica del elemento faltante se aplican todos los nutrientes menos el elemento en cuestión, este diseño se presta para trabajar en el invernadero, donde el volumen del suelo utilizado es pequeño y las deficiencias nutricionales suelen aparecer con facilidad. Además, se aplican muy bien a suelos pobres donde las deficiencias y desbalances nutricionales también son comunes.

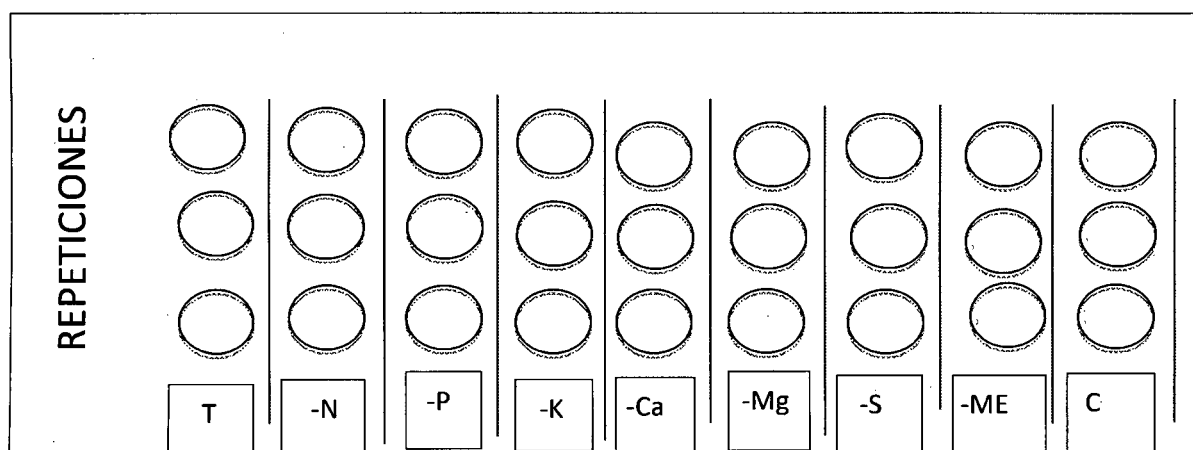
2.5. Tratamientos:

En el presente trabajo experimental se ha considerado siete suelos, y se han asignado nueve tratamientos distribuidos al azar con tres repeticiones (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Tratamientos empleando la técnica del elemento faltante

Símbolo	Características
T	Control o testigo, sin nutrientes
-N	Con todo los nutrientes, menos el nitrógeno
-P	Con todos los nutrientes, menos fósforo
-K	Con todos los nutrientes, menos el potasio
-Ca	Con todos los nutrientes, menos calcio
-Mg	Con todo los nutrientes, menos magnesio
-S	Con todos los nutrientes, menos azufre.
-ME	Con todo los nutrientes, menos el cobre, zinc, fierro, molibdeno y boro.
C	Con todos los nutrientes

La distribución de las macetas que constituyen las unidades experimentales se dispuso de acuerdo al croquis que se indica a continuación:



Croquis de los respectivos tratamientos en el cultivo de tomate

2.6. Diseño Experimental y Análisis Estadístico:

Para el análisis estadístico del rendimiento de materia seca se utilizó el Diseño Completamente Randomizado con 9 tratamientos x 3 repeticiones que hacen un total de 27 unidades experimentales; para cada localidad en estudio.

Modelo Matemático o Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación que pertenece al i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición

μ = Efecto medio (parámetro)

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (parámetro)

ϵ_{ij} = Desviación al azar del i-ésimo tratamiento perteneciente de la j-ésima repetición (Error experimental).

Alcance de los subíndices:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$; donde t = número de tratamientos

$j = 1, 2, 3, \dots, r$; donde r = número de replicaciones por tratamiento

El análisis de varianza (ANVA) corresponde al siguiente modelo:

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	t-1				
Error	t(r-1)				
Total	txr-1				

Además se utilizó el análisis de variancia en arreglo factorial para algunos parámetros en estudio.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Del análisis de los Suelos

3.1.1. Suelo de Chontabamba:

En el cuadro 3.1(A-1), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Chontabamba. La interpretación tendrá mayor énfasis en la capa superficial y se hace sobre la base de lo indicado por **Ibáñez y Aguirre (1983)** complementado por la de **Guerrero (1998)**.

Respecto al pH en los diferentes horizontes, presentan una reacción fuertemente ácido; esta propiedad química tiene un efecto indirecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas al afectar de modo notable la asimilación de los nutrientes y ejercer una poderosa influencia en la estructura del propio suelo (**Teuscher y otros, 1980**).

La magnitud de la lixiviación es el factor principal involucrado al determinar si el suelo formado será o no ácido. La lluvia transporta las bases cambiables hacia abajo más allá del alcance de las raíces de las plantas. Así en aquellas regiones que tienen una lluvia anual cercana o mayor a 1000 mm, tienen un porcentaje elevado de suelos ácidos. La acidez de estos suelos puede deberse a una o más de las razones siguientes: Lixiviación a causa de lluvia

intensa, Origen del suelo de material ácido, Empleo de fertilizantes formadores de ácido y Acción microbiológica

En la zona en estudio, al dominar un relieve ondulado con laderas con pendiente pronunciada, la erosión es el factor determinante y, por tanto, la lixiviación de bases cambiables es la principal causa de la paulatina desbasificación de los suelos y la consecuente reacción ácida de los suelos.

CUADRO 3.1: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LAS PARCELAS REPRESENTATIVAS DE LOS SIETE ANEXOS.

Anexos	Hz.	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P _{-disp} (ppm)	K _{-disp} (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Chontabamba	Ap	37.3	21.7	41.0	Arcilloso	4.55	0.137	4.74	0.24	3.9	29.5	3.84	1.28	0.15	0.40	0.04	17.0
Arwimayo	Ap	37.3	24.4	38.3	Fr-Ar	5.10	0.126	4.99	0.25	3.6	29.5	6.16	2.64	0.15	0.22	0.02	14.8
Porvenir	Ap	35.3	20.4	44.3	Arcilloso	4.90	0.105	4.48	0.22	2.1	76.5	2.88	1.04	0.39	0.42	0.14	10.3
Buena Gana	Ap	60.6	17.3	22.1	Fr-Ar-Ao	5.15	0.418	10.7	0.53	6.0	113.5	9.12	2.16	0.58	0.24	0.12	18.7
Huayrapata	Ap	35.3	28.7	36.0	Fr-Ar	4.10	0.162	5.76	0.29	3.7	102.7	4.64	1.76	0.53	1.08	0.31	17.3
Mejorada	Ap	43.3	26.4	30.3	Fr-Ar	4.15	0.226	5.50	0.28	4.3	106.7	4.24	2.08	0.55	0.82	0.34	14.1
San Antonio	Ap	31.3	22.4	46.3	Arcilloso	4.95	0.107	3.97	0.20	6.3	75.8	2.08	1.52	0.39	1.19	0.05	11.8

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

El contenido de materia orgánica varía entre 4.74 a 0.77% que se interpretan como alto a bajo; estos datos armonizan con el tenor alto a bajo de nitrógeno total. Este elemento no se encuentra en cantidades suficientes para satisfacer la demanda de los cultivos y en la prueba biológica se vislumbra síntomas características de carencia. Si bien el nitrógeno proviene de la materia orgánica, bajo condiciones ácidas las actividades beneficiosas de los microorganismos del suelo son afectados desfavorablemente. Tal como mencionan **Fassbender y Bornemisza (1987)**, las transformaciones más importantes en los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica. Un factor externo importante en estos procesos es el pH; según nuestros datos, es de esperar limitadas actuaciones de las bacterias y actinomicetes aunque los hongos presentan un buen desarrollo dentro de límites de pH más amplios. La temperatura podría tener un rol determinante en la descomposición y mineralización ya que se encuentran próximos al ideal o superior de los valores óptimos.

El contenido de fósforo disponible varía de 3.9 a 2.1ppm que se califican como muy bajos, este elemento es uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de ceja de selva. Aún con las condiciones ambientales favorables (temperatura y humedad), el pH condiciona una muy lenta entrega de nutrimentos de la materia orgánica. Un proceso importante de mencionar es la adsorción de fosfatos, que se trata de un proceso de transformación de P que ocurre junto con el de la precipitación de fosfatos, los que analítica y matemáticamente no se pueden diferenciar. En el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la capacidad de fijación del P que correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es muy bajo; el comportamiento y tenor de potasio de los suelos ácidos de selva alta es regularmente bajo debido a que su contenido está controlado especialmente por las condiciones climáticas; es decir, se reporta percolación a través del perfil del suelo, pérdidas por erosión y subsiguiente escorrentía superficial que es característico en las zonas de vida con pendiente fuerte. Los valores bajos se deben probablemente a la

posibilidad de pérdidas de potasio por la percolación del agua a través del suelo y/o el arrastre de las partículas superficiales del suelo, como consecuencia de la erosión hídrica; además por problemas de fijación por las arcillas de estos suelos. Estos procesos son de gran importancia para el balance de los elementos nutritivos, especialmente de las bases K, Ca y Mg.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es medio. La CIC está determinada por los coloides del suelo y comprende tanto a los coloides orgánicos como a los inorgánicos o minerales. Conviene recordar esto porque en cualquier suelo fértil ambos tipos están presentes y desempeñan funciones de interés vital. La presencia de alto contenido de materia orgánica en la capa superficial resulta en una CIC media debido al predominio del coloide orgánico. La absorción de los iones por las plantas, están determinados por la CIC; cualquier ion que se encuentre libre en la solución del suelo, de inmediato puede ser empleado para la nutrición vegetal, pero es un hecho bien conocido que las raíces de las plantas, de ningún modo dependen exclusivamente de las influencias externas para poder hacer que los nutrimentos sean aprovechables por ellas. Experimentos cuidadosamente realizados han demostrado que las plantas pueden extraer los elementos nutritivos del suelo en cantidades que, en definitiva, exceden a las que están presentes en la solución del suelo. Esto puede explicarse tan solo si uno acepta la teoría de que las raíces de las plantas en desarrollo, a causa de su íntimo contacto con los coloides del suelo, entran directamente al intercambio catiónico.

El análisis del contenido de bases cambiables lo constituye las relaciones catiónicas; enfatizamos en las relaciones Ca/Mg, Ca/K y Mg/K cuyos rangos normales son 5 – 8, 14 – 16 y 1.8 a 2.5 respectivamente. De manera general, se observa que no guardan equilibrio entre estos cationes que son los más abundantes en los suelos. Este hecho demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos. Algunas prácticas agronómicas son necesarias en estos suelos para restablecer el equilibrio catiónico mediante la práctica del encalado y la fertilización.

En cuanto a algunas propiedades físicas, entre ellas de la textura, se ha podido verificar que el perfil del suelo tiene una clase textural fina (arcillosa). Esta aptitud condiciona algunos aspectos de labranza, manejo y conservación de suelos y características físico-químicas. Por ejemplo, en las mismas condiciones de mineralización de la materia orgánica, la composición granulométrica puede influir sobre este proceso; así resultaría que, bajo condiciones similares, un suelo arcilloso tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos órgano minerales y a la mayor posibilidad de que se presenten malas condiciones de aireación que no favorezcan la mineralización (**Urbano, 1989**).

3.1.2. Suelo de Arwimayo:

En el cuadro 3.1(A-2), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Arwimayo.

Respecto al pH en los diferentes horizontes, presentan una reacción de fuertemente ácido a moderadamente ácido; esta propiedad química tiene un efecto indirecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas al afectar de modo notable la asimilación de los nutrientes y ejercer una poderosa influencia en la estructura del propio suelo (**Teuscher y otros, 1980**).

En la zona en estudio, al dominar un relieve ondulado con laderas de pendiente fuerte, la erosión es el factor determinante y, por tanto, la lixiviación de bases cambiables es la principal causa de la paulatina desbasificación de los suelos y la consecuente reacción ácida de los suelos; cabe resaltar que a medida que aumenta la profundidad del suelo, el valor del pH se incrementa.

El contenido de materia orgánica varía entre 4.99 a 0.90% que se interpretan como alto a bajo; estos datos armonizan con el tenor alto a bajo de nitrógeno total. Tal como mencionan **Fassbender y Bornemisza (1987)**, las transformaciones más importantes en los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica; si bien es cierto que los suelos de esta zona tienen alto contenido de materia orgánica, ésta sufre una rápida transformación debido a las condiciones climáticas favorables de la zona, que conllevan a su rápida destrucción. Un factor externo importante en estos

procesos es el pH; según nuestros datos, es de esperar limitadas actuaciones de las bacterias y actinomicetes aunque los hongos presentan un buen desarrollo dentro de límites de pH más amplios. La temperatura podría tener un rol determinante en la descomposición y mineralización ya que se encuentran próximos al ideal o superior de los valores óptimos.

El contenido de fósforo disponible varía de 3.6 a 2ppm que se califican como muy bajos, siendo este elemento uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de ceja de selva. Aún con las condiciones ambientales favorables (temperatura y humedad), el pH condiciona una muy lenta entrega de nutrientes, un proceso importante de la baja disponibilidad es la adsorción de fosfatos, que se trata de un proceso de transformación de P que ocurre junto con el de la precipitación de fosfatos. En el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la capacidad de fijación del P que correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es muy bajo; el comportamiento y tenor de potasio de los suelos ácidos de selva alta es regularmente bajo debido a que su contenido está controlado especialmente por las condiciones climáticas; es decir, se reporta percolación a través del perfil del suelo, pérdidas por erosión y subsiguiente escorrentía superficial que es característico de las zonas con pendiente fuerte. Los valores bajos se deben probablemente a la posibilidad de pérdidas de potasio por fijación en las arcillas, lixiviación, percolación del agua a través del suelo y/o el arrastre de las partículas superficiales del suelo, como consecuencia de la erosión hídrica. Estos procesos son de gran importancia para el balance de los elementos nutritivos, especialmente de las bases Ca, Mg y K.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de medio a bajo. La presencia de alto contenido de materia orgánica en la capa superficial resulta en una CIC media debido al predominio del coloide orgánico. La absorción de los iones por las plantas, están determinados por la CIC; cualquier ion que se encuentre libre en la solución del suelo, de inmediato puede ser empleado

para la nutrición vegetal, pero es un hecho bien conocido que las raíces de las plantas, de ningún modo dependen exclusivamente de las influencias externas para poder hacer que los nutrientes sean aprovechables por ellas. Experimentos cuidadosamente realizados han demostrado que las plantas pueden extraer los elementos nutritivos del suelo en cantidades que, en definitiva, exceden a las que están presentes en la solución del suelo. Esto puede explicarse tan solo si uno acepta la teoría de que las raíces de las plantas en desarrollo, a causa de su íntimo contacto con los coloides del suelo, entran directamente al intercambio catiónico.

Las relaciones catiónicas se observa que no guardan equilibrio entre ellos, este hecho demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos.

En cuanto a algunas propiedades físicas, entre ellas de la textura, se ha podido verificar que el perfil del suelo tiene una clase textural fina (Franco arcillosa a arcillosa). Esta aptitud condiciona algunos aspectos de labranza, manejo y conservación de suelos y características físico-químicas. Por ejemplo, en las mismas condiciones de mineralización de la materia orgánica, la composición granulométrica puede influir sobre este proceso; así resultaría que, bajo condiciones similares, un suelo arcilloso tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos organominerales y a la mayor posibilidad de que se presenten malas condiciones de aireación que no favorezcan la mineralización (**Urbano, 1989**).

3.1.3. Suelo de Porvenir:

En el cuadro 3.1(A-3), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Porvenir. El pH en los diferentes horizontes es de reacción fuertemente ácido, que influye indirectamente sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos al afectar de modo notable en la disponibilidad de los nutrientes (**Teuscher y otros, 1980**).

En la zona en estudio, al dominar un relieve ondulado con laderas con pendiente pronunciada, la erosión es el factor determinante y, por tanto, la

lixiviación de bases cambiables es la principal causa de la paulatina desbasificación de los suelos y la consecuente reacción ácida de los suelos.

La materia orgánica varía entre 4.48 a 0.77% que se interpretan como alto a bajo; cabe resaltar que la materia orgánica disminuye con la profundidad del suelo, debido que la principal fuente proviene de los residuos vegetales, que se incorporan en la parte superficial. Si bien el nitrógeno proviene de la materia orgánica, bajo condiciones ácidas las actividades beneficiosas de los microorganismos del suelo son afectados desfavorablemente, tal como indica **Fassbender y Bornemisza (1987)**, los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica.

El contenido de fósforo disponible varía de 2.1 a 3.3ppm que se califican como muy bajos, este elemento es uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de ceja de selva. Un proceso importante a mencionar es la sorción de fosfatos, que se trata de un proceso de transformación de P que ocurre junto con el de la precipitación de fosfatos; en el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la quimisorción que correlaciona significativamente con el contenido de aluminio y hierro presente en el suelo que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es muy bajo; el comportamiento y tenor de potasio de los suelos ácidos de selva alta es regularmente bajo debido a que su contenido está controlado especialmente por las condiciones climáticas, el tipo de suelo y el contenido de arcilla. Los valores bajos se deben probablemente a la posibilidad de pérdidas de potasio por la percolación del agua a través del suelo y/o el arrastre de las partículas superficiales del suelo, como consecuencia de la erosión hídrica, además por problemas de fijación por las arcillas de estos suelos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es bajo. El alto contenido de materia orgánica en la capa superficial influye en la CIC, sin embargo el alto contenido de arcilla tipo 1:1 hace que la CIC tenga valores bajos; lo que conlleva a que estos suelos tengan una baja fertilidad potencial, por lo que

estos suelos pierden fácilmente las bases cambiables por lixiviación, propiciando el predominio de la acidez en el suelo.

Las relaciones catiónicas Ca/Mg, Ca/K y Mg/K cuyos rangos normales son 5 – 8, 14 – 16 y 1.8 a 2.5 respectivamente, se observa que están desbalanceadas; lo que demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos; por lo que son necesarias restablecer el equilibrio catiónico mediante la práctica del encalado y la fertilización.

En cuanto a algunas propiedades físicas, entre ellas de la textura, se ha podido verificar que el perfil del suelo tiene una clase textural fina (arcillosa). Esta aptitud condiciona algunos aspectos de labranza, manejo y conservación de suelos y características físico-químicas. Por ejemplo, en las mismas condiciones de mineralización de la materia orgánica, la composición granulométrica puede influir sobre este proceso; así resultaría que, bajo condiciones similares, un suelo arcilloso tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos organominerales y a la mayor posibilidad de que se presenten malas condiciones de aireación que no favorezcan la mineralización (**Urbano, 1989**).

3.1.4. Suelo de Buena Gana:

En el cuadro 3.1(A-4), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Buena Gana. En cuanto al pH en los diferentes horizontes, presentan una reacción fuertemente ácido; esta propiedad química tiene un efecto indirecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas al afectar de modo notable la asimilación de los nutrientes y ejercer una poderosa influencia en la estructura del propio suelo (**Teuscher y otros, 1980**). En la zona en estudio, por las características fisiográficas y condiciones climáticas la erosión es el factor determinante y, por tanto, la lixiviación de bases cambiables es la principal causa de la paulatina desbasificación de los suelos y la consecuente reacción ácida de los suelos.

El contenido de materia orgánica varía entre 10.7 a 0.90% que se interpretan como alto a bajo; estos datos armonizan con el tenor alto a bajo de nitrógeno total. Tal como mencionan **Fassbender y Bornemisza (1987)**,

las transformaciones más importantes en los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica. Un factor externo importante en estos procesos es el pH; según nuestros datos, es de esperar limitadas actuaciones de las bacterias y actinomicetes aunque los hongos presentan un buen desarrollo dentro de límites de pH más amplios. La temperatura podría tener un rol determinante en la descomposición y mineralización ya que se encuentran próximos al ideal o superior de los valores óptimos. Cabe resaltar que la capa superficial del suelo presenta un alto contenido de materia orgánica, el cual por las características de la misma, le dará buenas condiciones físicas, químicas y biológicas al suelo, el repercutirá en el mejor desarrollo y crecimiento de los cultivos.

El contenido de fósforo disponible varía de 8.7 a 6.0ppm que se califican como muy bajos, este elemento es uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de ceja de selva. Aún con las condiciones ambientales favorables (temperatura y humedad) y el alto contenido de materia orgánica en la capa superficial, el pH condiciona una muy lenta entrega de nutrientes de la materia orgánica. En el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la capacidad de fijación del P que correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es medio; el comportamiento y tenor de potasio de los suelos ácidos de selva alta es regularmente bajo debido a que su contenido está controlado especialmente por las condiciones climáticas; sin embargo tanto por el contenido de materia orgánica principalmente y las condiciones físicas del suelo reflejan en un nivel medio de potasio. Estos procesos son de gran importancia para el balance de los elementos nutritivos, especialmente de las bases Ca, Mg y K.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es medio. La CIC está determinada por los coloides del suelo y comprende tanto a los coloides orgánicos como a los inorgánicos o minerales. La absorción de los iones por las plantas, están determinados por la CIC; cualquier ion que se encuentre

libre en la solución del suelo, de inmediato puede ser empleado para la nutrición vegetal, pero es un hecho bien conocido que las raíces de las plantas, de ningún modo dependen exclusivamente de las influencias externas para poder hacer que los nutrientes sean aprovechables por ellas.

El análisis del contenido de bases cambiables lo constituye las relaciones catiónicas, de manera general, se observa que no guardan equilibrio entre estos cationes que son los más abundantes en los suelos. Este hecho demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos. Algunas prácticas agronómicas son necesarias en estos suelos para restablecer el equilibrio catiónico mediante la práctica del encalado y la fertilización.

En cuanto a la textura, el perfil del suelo tiene una clase textural media; que le proporciona al suelo condiciones adecuadas para favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivo (Urbano, 1989).

3.1.5. Suelo de Huayrapata:

En el cuadro 3.1(A-5), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Huayrapata. En cuanto al pH 4.10 a 3.90 en los diferentes horizontes, presentan una reacción Muy fuertemente ácido; esta propiedad química tiene un efecto indirecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas al afectar de modo notable la asimilación de los nutrientes, además puede causar efectos directos como es la toxicidad del Aluminio y Hierro presentes en dicho suelo. Asimismo ejercer una influencia en la estructura del propio suelo (Teuscher y otros, 1980).

El contenido de materia orgánica varía entre 5.76 a 1.33% que se interpretan como alto a bajo; estos datos armonizan con el tenor alto a bajo de nitrógeno total. Este elemento no se encuentra en cantidades suficientes para satisfacer la demanda de los cultivos y en la prueba biológica se vislumbra síntomas características de carencia. Si bien el nitrógeno proviene de la materia orgánica, bajo condiciones ácidas las actividades beneficiosas de los microorganismos del suelo son afectados desfavorablemente. Tal como mencionan Fassbender y Bornemisza (1987), las transformaciones

más importantes en los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica. Un factor externo importante en estos procesos es el pH; según nuestros datos, es de esperar limitadas actuaciones de las bacterias y actinomicetes aunque los hongos presentan un buen desarrollo dentro de límites de pH más amplios.

El contenido de fósforo disponible varía de 3.7 a 2.2ppm que se califican como muy bajos, este elemento es uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de ceja de selva. Aún con las condiciones ambientales favorables (temperatura y humedad), el pH condiciona una muy lenta entrega de nutrimentos de la materia orgánica. Un proceso importante de mencionar es la adsorción de fosfatos, que se trata de un proceso de transformación de P que ocurre junto con el de la precipitación de fosfatos.

En el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la capacidad de fijación del P que correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica y la presencia de aluminio que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es medio; que aumenta con la profundidad, el comportamiento y tenor de potasio de los suelos ácidos de selva alta se debe regularmente a que está controlado especialmente por las condiciones climáticas; es decir, se reporta percolación a través del perfil del suelo, pérdidas por erosión y subsiguiente escorrentía superficial que es característico en las zonas de vida con pendiente fuerte. Estos procesos son de gran importancia para el balance de los elementos nutritivos, especialmente de las bases K, Ca y Mg.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es medio. La CIC está determinada por los coloides del suelo y comprende tanto a los coloides orgánicos como a los inorgánicos o minerales. Conviene recordar esto porque en cualquier suelo fértil ambos tipos están presentes y desempeñan funciones de interés vital. La presencia de alto contenido de materia orgánica en la capa superficial resulta en una CIC alta debido al predominio del coloide orgánico. La absorción de los iones por las plantas, están determinados por la

CIC; cualquier ion que se encuentre libre en la solución del suelo, de inmediato puede ser empleado para la nutrición vegetal, pero es un hecho bien conocido que las raíces de las plantas, de ningún modo dependen exclusivamente de las influencias externas para poder hacer que los nutrimentos sean aprovechables por ellas. Experimentos cuidadosamente realizados han demostrado que las plantas pueden extraer los elementos nutritivos del suelo en cantidades que, en definitiva, exceden a las que están presentes en la solución del suelo. Esto puede explicarse tan solo si uno acepta la teoría de que las raíces de las plantas en desarrollo, a causa de su íntimo contacto con los coloides del suelo, entran directamente al intercambio catiónico.

El análisis del contenido de bases cambiables lo constituye las relaciones catiónicas; enfatizamos en las relaciones Ca/Mg, Ca/K y Mg/K cuyos rangos normales son 5 – 8, 14 – 16 y 1.8 a 2.5 respectivamente. De manera general, se observa que no guardan equilibrio, es decir están desbalanceados. Este hecho demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos. Algunas prácticas agronómicas son necesarias en estos suelos para restablecer el equilibrio catiónico mediante la práctica del encalado y la fertilización.

En cuanto a algunas propiedades físicas, entre ellas de la textura, se ha podido verificar que el perfil del suelo tiene una clase textural media (Franco arcillosa) a fina (arcillosa). Esta aptitud condiciona algunos aspectos de labranza, manejo y conservación de suelos y características físico-químicas. Por ejemplo, en las mismas condiciones de mineralización de la materia orgánica, la composición granulométrica puede influir sobre este proceso; así resultaría que, bajo condiciones similares, un suelo arcilloso tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos organominerales y a la mayor posibilidad de que se presenten malas condiciones de aireación que no favorezcan la mineralización (Urbano, 1989).

3.1.6. Suelo de Mejorada:

En el cuadro 3.1(A-6), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Mejorada. Respecto al pH en los diferentes horizontes, presentan una reacción fuertemente ácido; esta propiedad química tiene un efecto indirecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas al afectar de modo notable la asimilación de los nutrientes y ejercer una poderosa influencia en la estructura del propio suelo (**Teuscher y otros, 1980**).

La magnitud de la lixiviación es el factor principal involucrado al determinar si el suelo formado será o no ácido. La lluvia transporta las bases cambiables hacia abajo más allá del alcance de las raíces de las plantas. Así en aquellas regiones que tienen una lluvia anual cercana o mayor a 1000 mm, tienen un porcentaje elevado de suelos ácidos. La acidez de estos suelos puede deberse a una o más de las razones siguientes: Lixiviación a causa de lluvia intensa, Origen del suelo de material ácido, Empleo de fertilizantes formadores de ácido y Acción microbiológica.

En la zona en estudio, al dominar un relieve ondulado con laderas con pendiente pronunciada, la erosión es el factor determinante y, por tanto, la lixiviación de bases cambiables es la principal causa de la paulatina desbasificación de los suelos y la consecuente reacción ácida de los suelos.

El contenido de materia orgánica varía entre 5.50 a 2.18% que se interpretan como alto a medio; estos datos armonizan con el tenor alto a bajo de nitrógeno total. Si bien el nitrógeno proviene de la materia orgánica, bajo condiciones ácidas las actividades beneficiosas de los microorganismos del suelo son afectados desfavorablemente. Tal como mencionan **Fassbender y Bornemisza (1987)**. Un factor externo importante en estos procesos es el pH; según nuestros datos, es de esperar limitadas actuaciones de las bacterias y actinomicetes principales responsables de la descomposición y mineralización de la materia orgánica con la consecuente liberación de elementos minerales. La temperatura podría tener un rol determinante en la descomposición y mineralización ya que se encuentran próximos al ideal o superior de los valores óptimos.

El contenido de fósforo disponible varía de 4.3 a 2.3ppm que se califican como muy bajos, este elemento es uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de selva. Un proceso importante de mencionar es la sorción de fosfatos, que se trata de un proceso de transformación de P que ocurre junto con el de la precipitación de fosfatos, los que analítica y matemáticamente no se pueden diferenciar. En el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la capacidad de fijación del P que correlaciona significativamente con el contenido de aluminio, hierro, manganeso y materia orgánica que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es medio; esto puede deberse a que su contenido está controlado especialmente por las condiciones climáticas; es decir, se reporta percolación a través del perfil del suelo, pérdidas por erosión y subsiguiente escorrentía superficial que es característico en las zonas de vida con pendiente fuerte; también puede deberse probablemente a la posibilidad de pérdidas de potasio por la percolación del agua a través del suelo y/o el arrastre de las partículas superficiales del suelo, como consecuencia de la erosión hídrica; además por problemas de fijación por las arcillas de estos suelos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es medio a bajo. La presencia de alto contenido de materia orgánica en la capa superficial resulta en una CIC media debido al predominio del coloide orgánico. La absorción de los iones por las plantas está determinada por la CIC.

El análisis del contenido de bases cambiables lo constituye las relaciones catiónicas como las relaciones Ca/Mg, Ca/K y Mg/K cuyos rangos normales son 5 – 8, 14 – 16 y 1.8 a 2.5 respectivamente. De manera general, se observa que no guardan equilibrio entre estos cationes; este hecho demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos; siendo necesario

alguna prácticas agronómicas en estos suelos para restablecer el equilibrio catiónico mediante la práctica del encalado y/o la fertilización.

La textura del perfil del suelo tiene una clase textural de media (franco arcillosa) a fina (arcillosa). Esta aptitud condiciona algunos aspectos de labranza, manejo y conservación de suelos y características físico-químicas. Por ejemplo, en las mismas condiciones de mineralización de la materia orgánica, la composición granulométrica puede influir sobre este proceso; así resultaría que, bajo condiciones similares, un suelo arcilloso tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos organominerales y a la mayor posibilidad de que se presenten malas condiciones de aireación que no favorezcan la mineralización (Urbano, 1989).

3.1.7. Suelo de San Antonio:

En el cuadro 3.1(A-7), se muestran los resultados del análisis de caracterización del perfil del suelo de Mejorada.

El pH en los diferentes horizontes son de reacción fuertemente ácido; esta propiedad química tiene un efecto indirecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas al afectar de modo notable la asimilación de los nutrientes y ejercer una poderosa influencia en la estructura del propio suelo (**Teuscher y otros, 1980**). La lixiviación de las bases cambiables es el principal factor en determinar si el suelo formado será o no ácido. Así en aquellas regiones que tienen una lluvia anual cercana o mayor a 1000 mm, tienen un porcentaje elevado de suelos ácidos. La zona en estudio, por la topografía, la erosión es el factor determinante y por tanto la lixiviación de bases cambiables es la principal causa de la paulatina desbasificación de los suelos y la consecuente reacción ácida de los suelos.

El contenido de materia orgánica varía entre 3.97 a 1.79% que se interpretan como medio a bajo, que está relacionado con el contenido de nitrógeno total; este elemento no se encuentra en cantidades suficientes para satisfacer la demanda de los cultivos y en la prueba biológica se vislumbra síntomas características de carencia. Si bien el nitrógeno proviene de la materia orgánica, bajo condiciones ácidas las actividades beneficiosas de los

microorganismos del suelo son afectados desfavorablemente. Tal como mencionan **Fassbender y Bornemisza (1987)**, la temperatura podría tener un rol determinante en la descomposición y mineralización ya que se encuentran próximos al ideal o superior de los valores óptimos.

El contenido de fósforo disponible varía de 6.3 a 1.4ppm que se califican como muy bajos, este elemento es uno de los factores limitantes más importantes en los suelos de selva. Aún con las condiciones ambientales favorables (temperatura y humedad), el pH condiciona una muy lenta entrega de nutrimentos de la materia orgánica. Un proceso importante de mencionar es la adsorción de fosfatos, que se trata de un proceso de transformación de P que ocurre junto con el de la precipitación de fosfatos, los que analítica y matemáticamente no se pueden diferenciar. En el caso de los suelos en estudio adquiere mayor importancia la capacidad de fijación del P que correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica que explica finalmente los valores tan bajos de P disponible.

El Potasio disponible es bajo; el comportamiento y tenor de potasio de los suelos ácidos de selva alta es regularmente bajo debido a que su contenido está controlado especialmente por las condiciones climáticas; es decir, se reporta percolación a través del perfil del suelo, pérdidas por erosión y subsiguiente escorrentía superficial que es característico en las zonas de vida con pendiente fuerte. Los valores bajos se deben probablemente a la posibilidad de pérdidas de potasio por la percolación del agua a través del suelo y/o el arrastre de las partículas superficiales del suelo, como consecuencia de la erosión hídrica; además por problemas de fijación por las arcillas de estos suelos. Estos procesos son de gran importancia para el balance de los elementos nutritivos, especialmente de las bases K, Ca y Mg.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es bajo. La CIC está determinada por los coloides del suelo y comprende tanto a los coloides orgánicos como a los inorgánicos o minerales. Experimentos cuidadosamente realizados han demostrado que las plantas pueden extraer los elementos nutritivos del suelo en cantidades que, en definitiva, exceden a

las que están presentes en la solución del suelo. Esto puede explicarse tan solo si uno acepta la teoría de que las raíces de las plantas en desarrollo, a causa de su íntimo contacto con los coloides del suelo, entran directamente al intercambio catiónico.

El análisis del contenido de bases cambiables lo constituye las relaciones catiónicas como Ca/Mg, Ca/K y Mg/K cuyos rangos normales son 5 – 8, 14 – 16 y 1.8 a 2.5 respectivamente. De manera general, se observa que no en el suelo en estudio estas están desbalanceadas. Este hecho demuestra que se producen antagonismos o competencia en la absorción de nutrientes y trae consigo deficiencias de algunos de ellos. Algunas prácticas agronómicas son necesarias en estos suelos para restablecer el equilibrio catiónico mediante la práctica del encalado y la fertilización.

En cuanto a la textura, se encontró que el perfil del suelo tiene una clase textural fina (arcillosa). Esta aptitud condiciona algunos aspectos de labranza, manejo y conservación de suelos y características físico-químicas. Por ejemplo, en las mismas condiciones de mineralización de la materia orgánica, la composición granulométrica puede influir sobre este proceso; así resultaría que, bajo condiciones similares, un suelo arcilloso tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos organominerales y a la mayor posibilidad de que se presenten malas condiciones de aireación que no favorezcan la mineralización (Urbano, 1989).

3.2. Identificación de Elementos Deficientes en los Suelos a través del Rendimiento de Materia Seca

Se procedió a realizar el análisis de varianza para los tratamientos en estudio en las diferentes localidades (Cuadro 3.2), donde se encontró diferencia estadística altamente significativa para localidades, tratamientos (elemento faltante) y la interacción localidad por tratamiento, lo que nos indica que existe diferencia en cuanto al nivel de nutrientes en las diferentes localidades sometidos a la presencia y ausencia de macro y micro elementos; con un coeficiente de variabilidad de 16.17%.

Cuadro 3.2: Análisis de Varianza del rendimiento de Materia Seca (gr/maceta).

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Localidades	6	5.461812	0.910302	66.51	<.0001 **
Tratamientos	8	19.029388	2.378673	173.79	<.0001 **
LocalidadxTratamiento	48	2.259663	0.047076	3.44	<.0001 **
Error	126	1.724600	0.013687		
Total	188	28.475464			

C.V. = 16.17 %

3.2.1. Suelo de Chontabamba:

Cuadro 3.3: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (gr/maceta) para el suelo de la localidad de Chontabamba.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	2.59063	0.3238	23.50	<.0001 **
Error	18	0.24806	0.0137		
Total	26	2.83869			

C.V. = 18.33 %

En el cuadro 3.3, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de Chontabamba, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con coeficiente de variabilidad del 18.33%, lo cual señala que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error aceptable. Existe por lo tanto, suficiente base estadística para afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados.

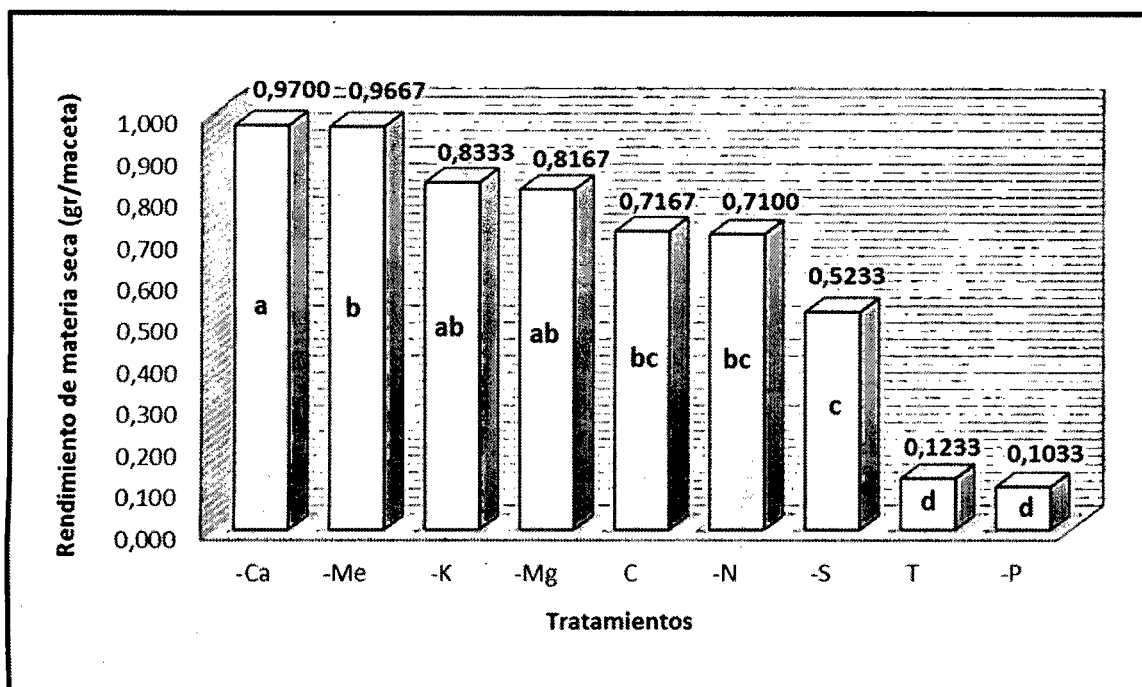


Grafico 3.1: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de Chontabamba.

De la prueba de significación de Duncan, se llegó a establecer que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -Ca, -ME, -K y -Mg, siendo éstos superiores a los demás tratamientos; mientras que entre los tratamientos -K, -Mg, C y -N tampoco se diferencian, siendo superiores a los tratamientos -S, Testigo y -P. El tratamiento sin calcio (-Ca) es el que representa la mayor producción promedio de materia seca con 95% de seguridad; mientras los tratamientos -P y Testigo son los que tuvieron el menor rendimiento promedio de materia seca.

En consecuencia, las evidencias nos permiten concluir que en promedio, los elementos más deficientes y que limitan la producción de los cultivos en la localidad de Chontabamba son el P, S y el N respectivamente.

3.2.2. Suelo de Arwimayo:

Cuadro 3.4: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (gr/maceta) para el suelo de la localidad de Arwimayo.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	3.6267	0.4533	74.09	<.0001 **
Error	18	0.1101	0.0061		
Total	26	3.7368			

C.V. = 10.09 %

En el cuadro 3.4, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de Arwimayo, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variabilidad del 10.09%, lo cual señala que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error aceptable. Por lo tanto, se puede afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados.

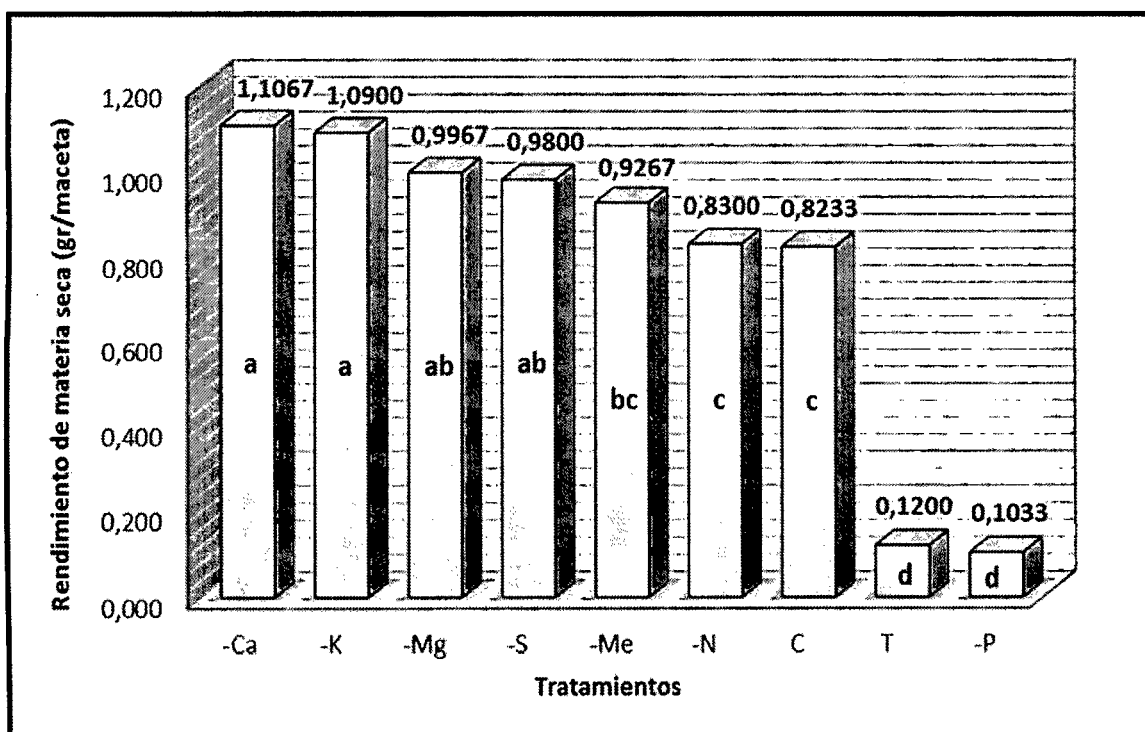


Grafico 3.2: Prueba de Duncan (p=0.05) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de Arwimayo.

De la prueba de significación de Duncan, se llegó a establecer que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -Ca, -K, -Mg y -S, siendo éstos superiores a los demás tratamientos; mientras que entre los tratamientos -Mg, -S, y -ME tampoco se diferencian, siendo superiores a los tratamientos -N, C, Testigo y -P. El tratamiento sin calcio (-Ca) es el que representa la mayor producción promedio de materia seca con 95% de seguridad; mientras los tratamientos -P y Testigo son los que tuvieron el menor rendimiento promedio de materia seca.

En consecuencia, las evidencias nos permiten concluir que en promedio, los elementos más deficientes y que limitan la producción de los cultivos en la localidad de Arwimayo son el P, N y ME respectivamente.

3.2.3. Suelo de Porvenir:

Cuadro 3.5: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (gr/maceta) para el suelo de la Localidad de Porvenir.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	1.6267	0.2033	10.91	<.0001 **
Error	18	0.3355	0.0186		
Total	26	1.9622			

C.V. = 24.28 %

En el cuadro 3.5, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de Porvenir, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con coeficiente de variabilidad del 24.28%, lo cual señala que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error aceptable. Por lo tanto, se puede afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados.

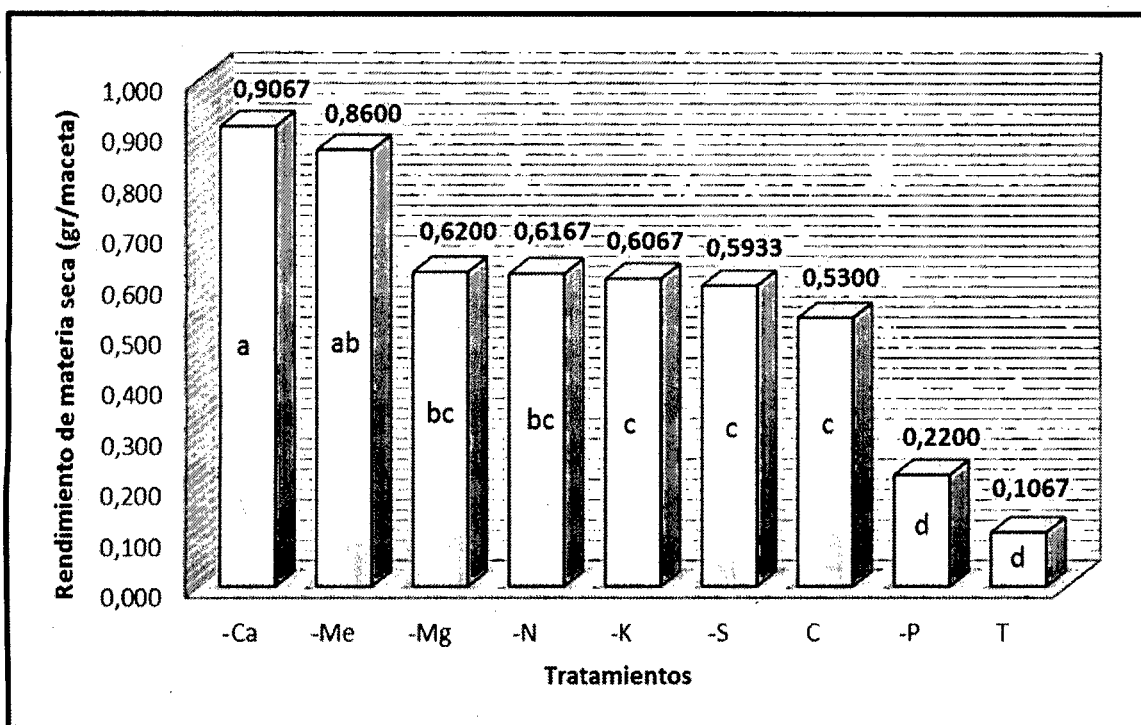


Grafico 3.3: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de Porvenir.

De la prueba de significación de Duncan, se llegó a establecer que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -Ca y -ME, siendo éstos superiores a los demás tratamientos; mientras que entre los tratamientos -ME, -Mg, -N tampoco se diferencian, siendo superiores a los tratamientos -K, -S, C, -P y testigo. El tratamiento sin calcio (-Ca) es el que representa la mayor producción promedio de materia seca con 95% de seguridad; mientras los tratamientos -P y Testigo son los que tuvieron el menor rendimiento promedio de materia seca.

En consecuencia, los resultados nos permiten concluir que en promedio, los elementos más deficientes y que limitan la producción de los cultivos en la localidad de Porvenir son el P, S K y el N respectivamente.

3.2.4. Suelo de Buena Gana:

Cuadro 3.6: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (gr/maceta) para el suelo de la localidad de Buena Gana.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	5.30753	0.6634	42.54	<.0001 **
Error	18	0.28073	0.0155		
Total	26	5.58826			

C.V. = 11.43 %

En el cuadro 3.6, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de Buena Gana, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con coeficiente de variabilidad del 11.43%, lo cual señala que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error permisible. Por lo tanto, se puede afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados a dicho suelo.

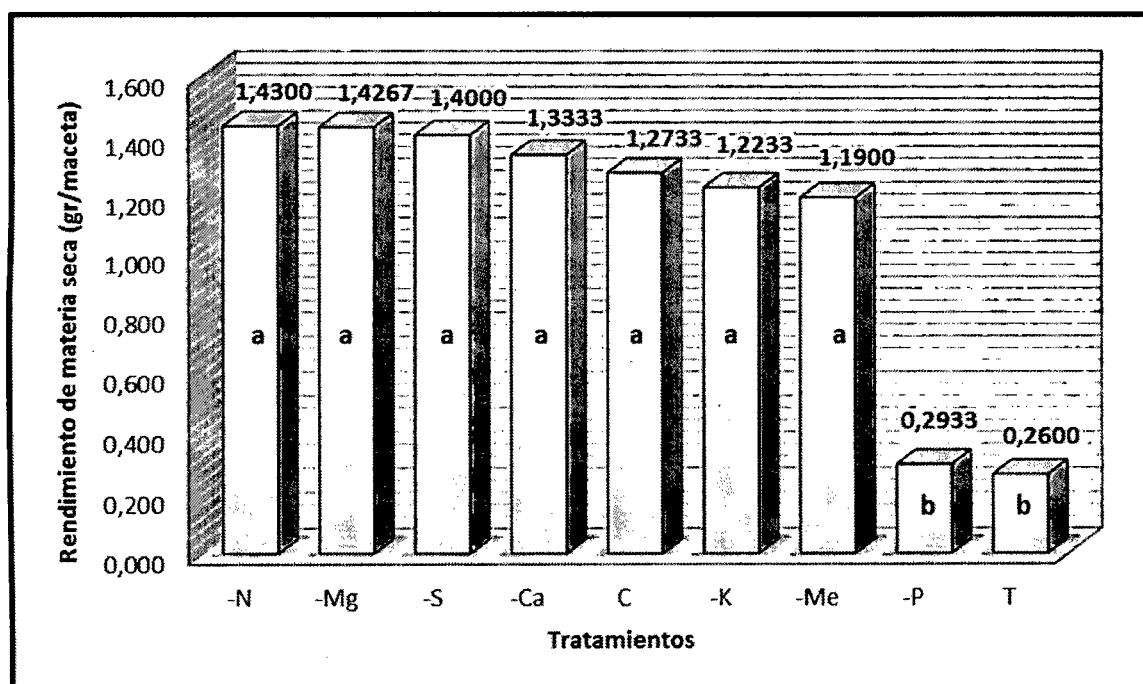


Grafico 3.4: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de Buena Gana.

De la prueba de significación de Duncan (Gráfico 3.4), se llegó a establecer que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -N, -Mg, -S, -Ca, C, -K, y -ME, siendo éstos superiores a los tratamientos sin P y al Testigo. Los tratamientos -P y Testigo son los que tuvieron el menor rendimiento promedio de materia seca.

En consecuencia, podemos concluir que en promedio, el elemento más deficiente y que limita la producción de los cultivos en la localidad de Buena Gana es el P.

3.2.5. Suelo de Huayrapata:

Cuadro 3.7: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (gr/maceta) para el suelo de la localidad de Huayrapata.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	2.6698	0.33373	22.29	<.0001 **
Error	18	0.2695	0.01497		
Total	26	2.9394			

C.V. = 19.01 %

En el cuadro 3.7, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de Huayrapata, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con coeficiente de variabilidad del 19.01%, lo que indica que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error aceptable. Por lo tanto, se puede afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados.

De la prueba de significación de Duncan (Gráfico 3.5), se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -Mg, -ME, -K, -N, -Ca y C, siendo éstos superiores a los tratamientos -S, -P y el testigo.

En consecuencia, esto nos permite establecer que en promedio, los elementos más deficientes y que limitan la producción de los cultivos en la localidad de Huayrapata son el P y S respectivamente.

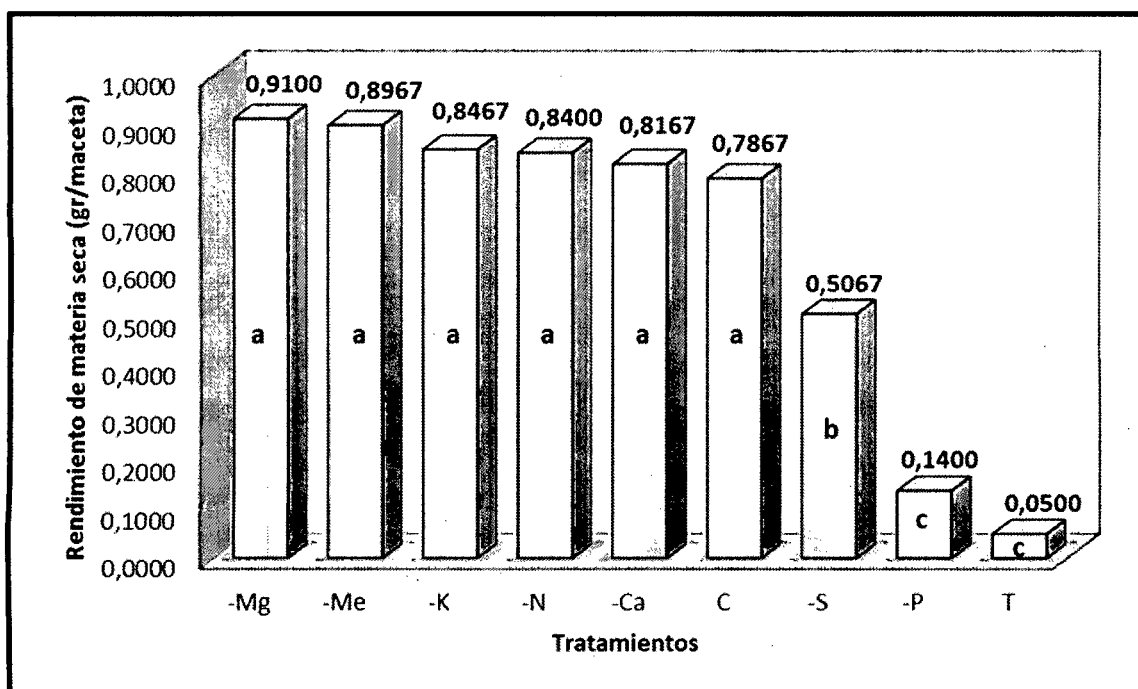


Grafico 3.5: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de Huayrapata.

3.2.6. Suelo de Mejorada:

Cuadro 3.8: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (g/maceta) para el suelo de la localidad de Mejorada.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	3.52706	0.4408	21.73	<.0001 **
Error	18	0.3652	0.0202		
Total	26	3.8922			

C.V. = 18.39 %

En el cuadro 3.8, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de Mejorada, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con coeficiente de variabilidad del 18.39%, lo cual señala que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error aceptable. Existe por lo tanto, suficiente base estadística para afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados.

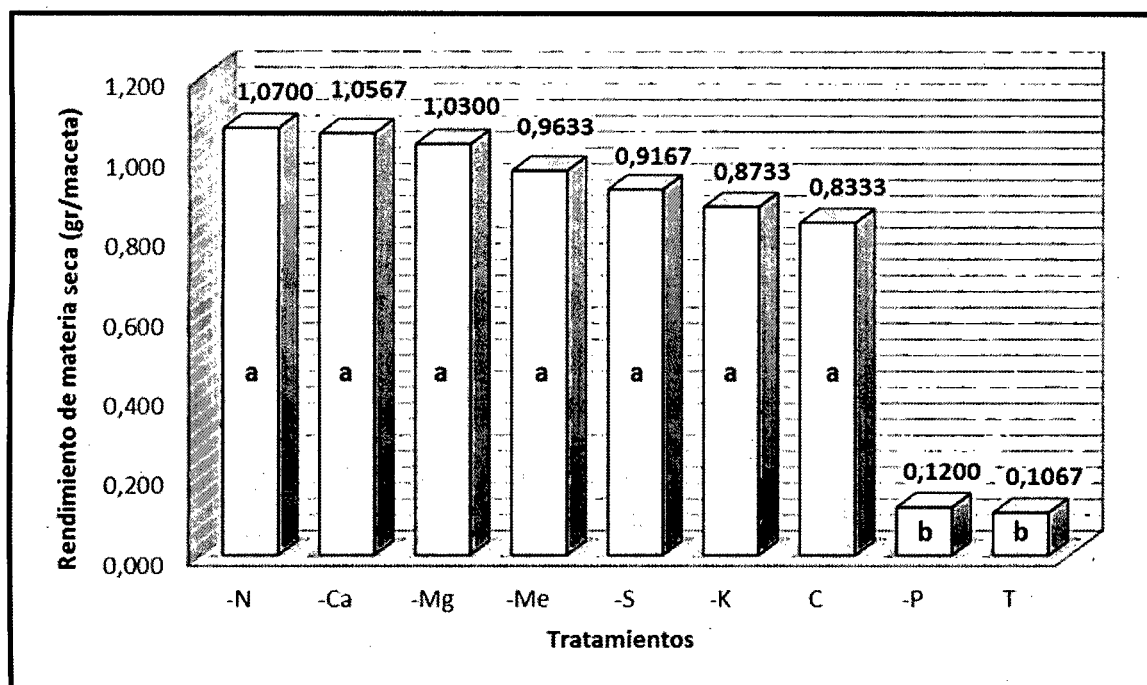


Grafico 3.6: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de Mejorada.

De la prueba de significación de Duncan (Gráfico 3.6), se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -N, -Ca, -Mg, -ME, -S, -K y C, siendo éstos superiores a los tratamientos -P y Testigo.

En consecuencia, podemos establecer que en promedio, el elemento más deficiente y que limita la producción de los cultivos en la localidad de Mejorada es el P, seguido del K respectivamente.

3.2.7. Suelo de San Antonio:

Cuadro 3.9: Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (gr/maceta) para el suelo de la localidad de San Antonio.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	1.9404	0.2425	37.83	<.0001 **
Error	18	0.1154	0.0064		
Total	26	2.0558			

C.V. = 13.90 %

En el cuadro 3.9, se muestra el ANVA del rendimiento de materia seca para el suelo de San Antonio, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos en estudio, con coeficiente de variabilidad del 13.90%, lo cual señala que los datos experimentales obtenidos están dentro del margen de error aceptable. Por lo tanto, se puede afirmar que la producción de materia seca probablemente se deba al efecto de los nutrientes aplicados. Al existir diferencia estadística entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba de contraste Duncan.

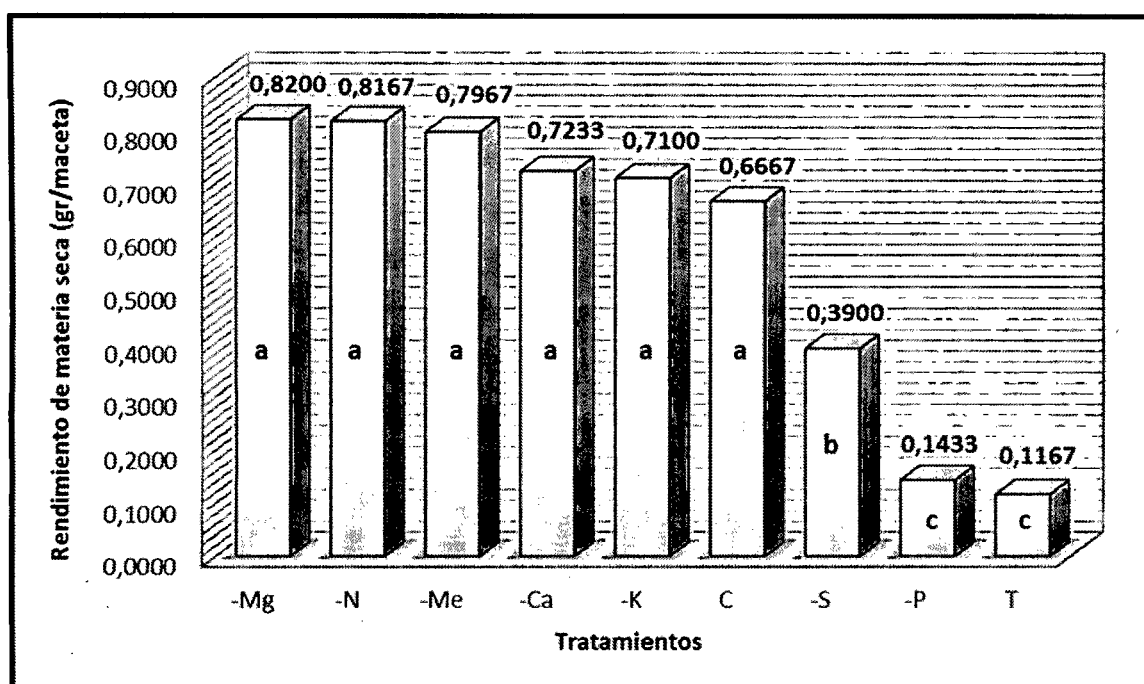


Grafico 3.7: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del Rendimiento de M.S. (gr/maceta) para los Tratamientos en estudio en suelo de San Antonio.

De la prueba de significación de Duncan (Gráfico 3.7), se llegó a establecer que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: -Mg, -N, -ME, -Ca, -K y C, siendo éstos superiores a los tratamientos -S, -P y Testigo. Los tratamientos -P y Testigo son los que tuvieron el menor rendimiento promedio de materia seca.

En consecuencia, podemos establecer que en promedio, los elementos más deficientes y que limitan la producción de los cultivos en la localidad de San Antonio son el P, S y el K respectivamente.

3.3 Identificación de Elementos Deficientes por Tratamiento a través del Rendimiento de Materia Seca

Para mejor demostración de los resultados en cuanto al efecto de cada uno de los tratamientos en los suelos, se ha realizado la prueba de significación los cuales se detallan a continuación:

3.3.1. Tratamiento Testigo (T)

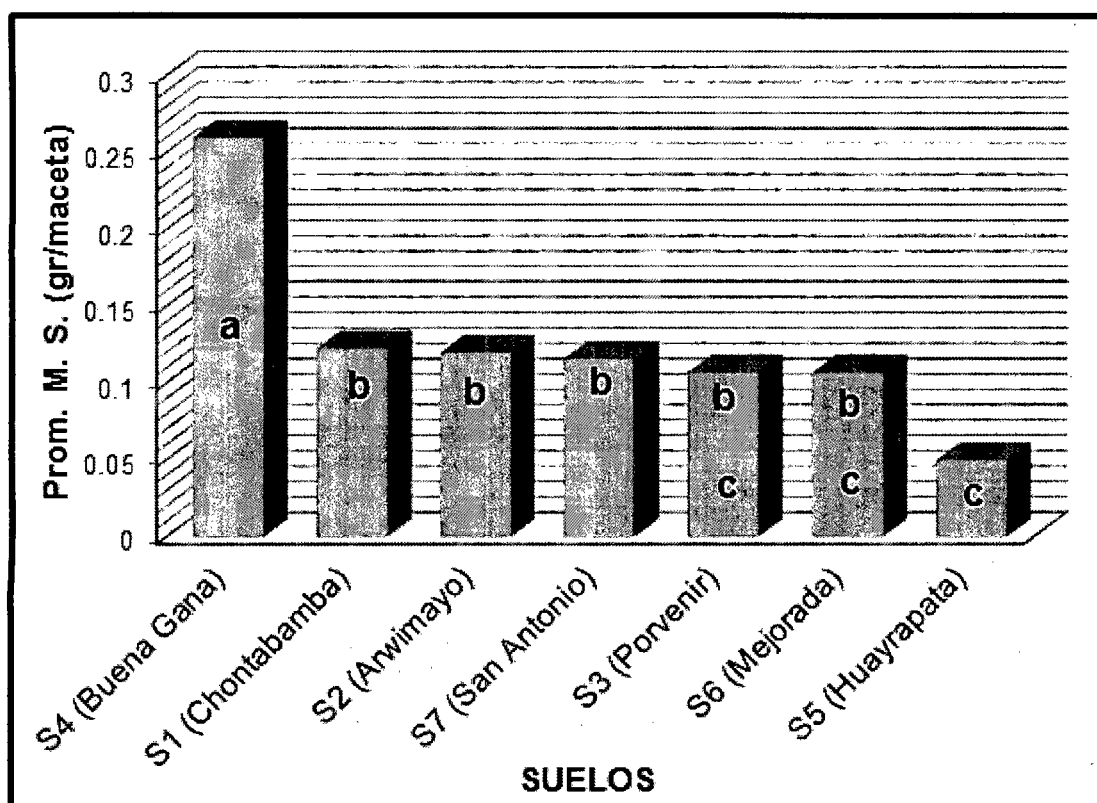


Grafico 3.8: Prueba Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento testigo (T) en los diferentes suelos

El rendimiento de materia seca del testigo, se refleja los distintos grados de fertilidad natural de los suelos. El suelo de Buena Gana (S4) presenta mejor fertilidad natural que los suelos de los demás lugares, que al ocupar

el primer lugar, indica una buena reserva mineral; no existe diferencias entre los suelos S1, S2, S7, S3 y S6. Los suelos S3, S6 y S5 también no se diferencian entre sí, pero reportan una baja reserva mineral.

3.3.2. Tratamiento sin Nitrógeno (-N)

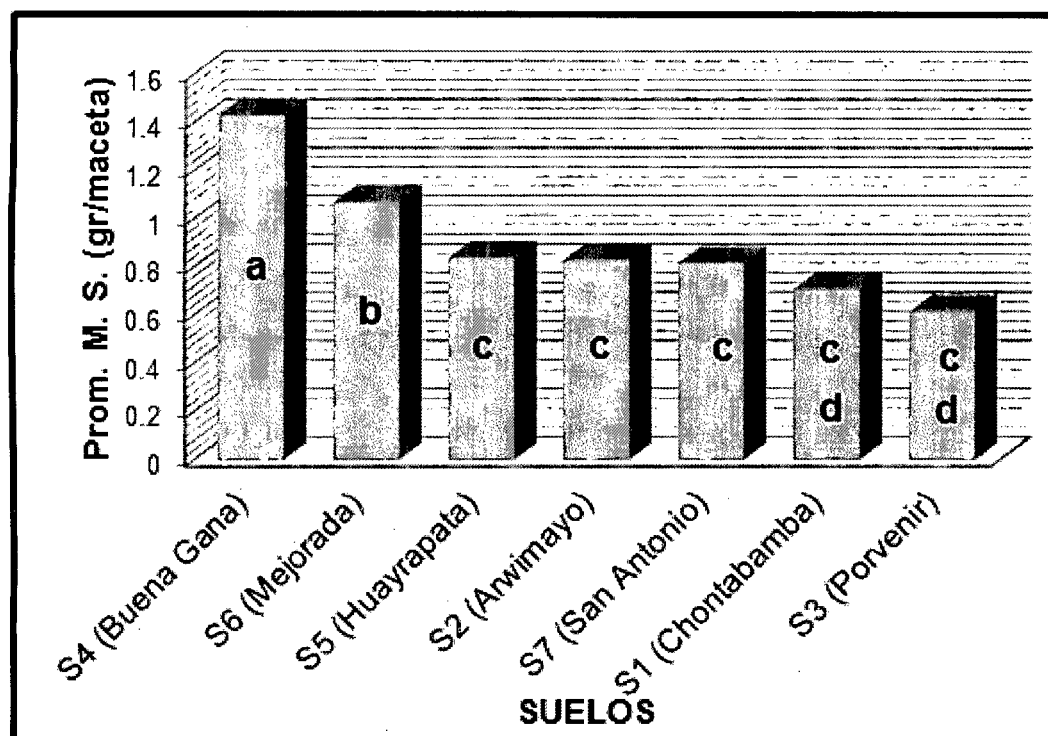


Grafico 3.9: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Nitrógeno (-N) en los diferentes suelos.

La respuesta al tratamiento sin nitrógeno, es variable en los 07 suelos. El suelo de Buena Gana (S4) es superior frente a los demás suelos, lo cual está reflejado por el alto contenido de N; asimismo el suelo de Mejorada (S6) resulta superior a los demás suelos pero inferior al S4 por el mismo contenido de N. Los suelos S5, S2, S7, S1 y S3 no se diferencian entre sí, al tener niveles medios de nitrógeno, estas cantidades han influenciado en el rendimiento de materia seca.

3.3.3. Tratamiento sin Fosforo (-P)

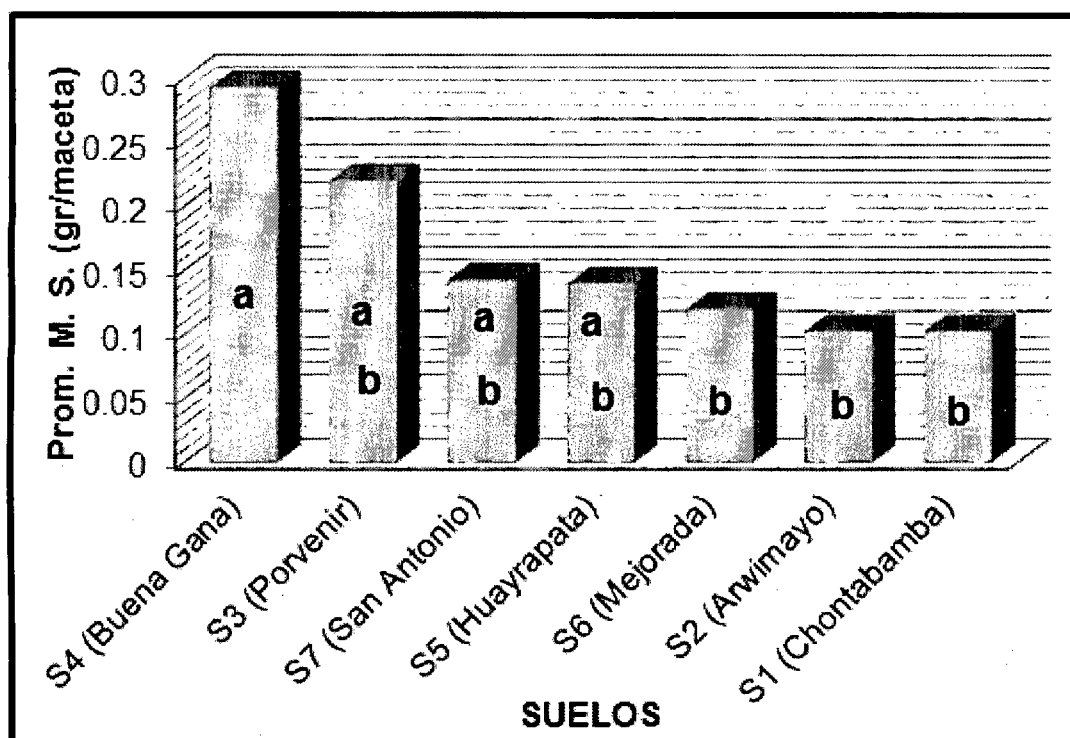


Grafico 3.10: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Fosforo (-P) en los diferentes suelos

No existe diferencia significativa entre los suelos S4, S3, S7 y S5, siendo superiores a los demás, cabe indicar que esto se debe probablemente a los bajos niveles de fósforo disponible en los suelos estudiados de manera general, que ha determinado que el crecimiento de las plantas se haya visto afectados por la no adición de este nutriente.

3.3.4. Tratamiento sin Potasio (-K)

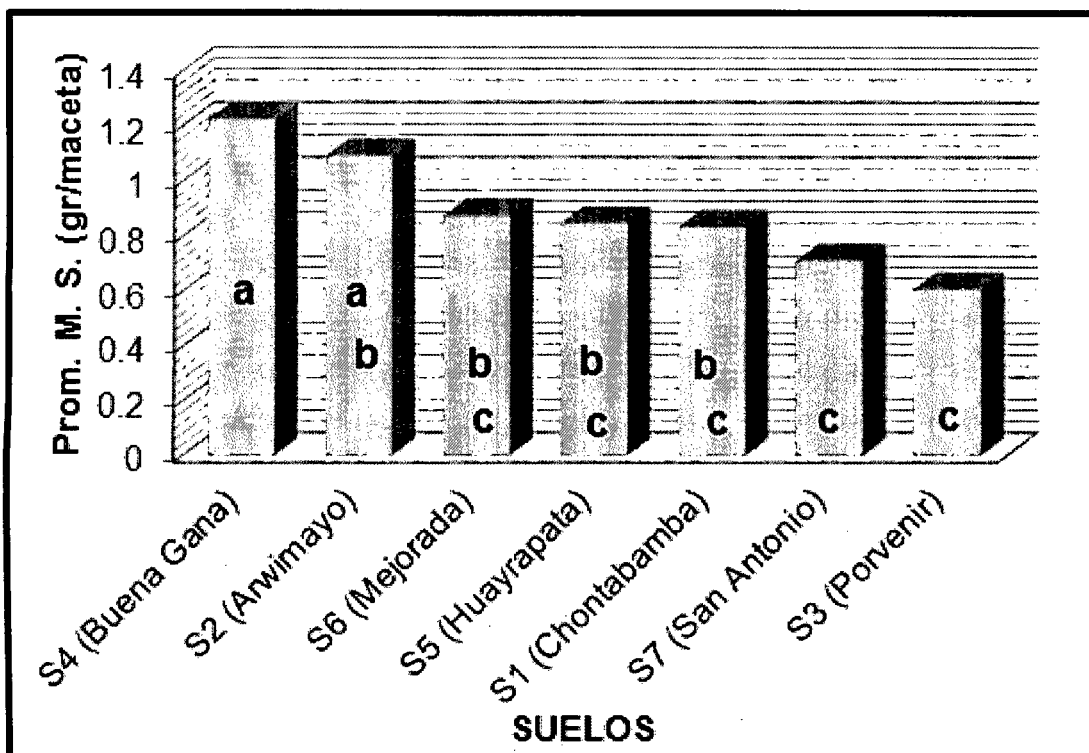


Grafico 3.11: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Potasio (-K) en los diferentes suelos

La respuesta al tratamiento sin potasio, fue no significativa en los suelos S4 y S2 diferenciándose con las producciones de los S6, S5, S1, S7 y S3; probablemente debido a que dichos suelos presenta de medio a alto potasio disponible, mientras que los demás suelos tienen de bajo a muy bajo potasio disponible, como es de esperar que suceda en suelos con arcillas fijadoras de K y por la alta precipitación de la zona selva

3.3.5. Tratamiento sin Azufre (-S)

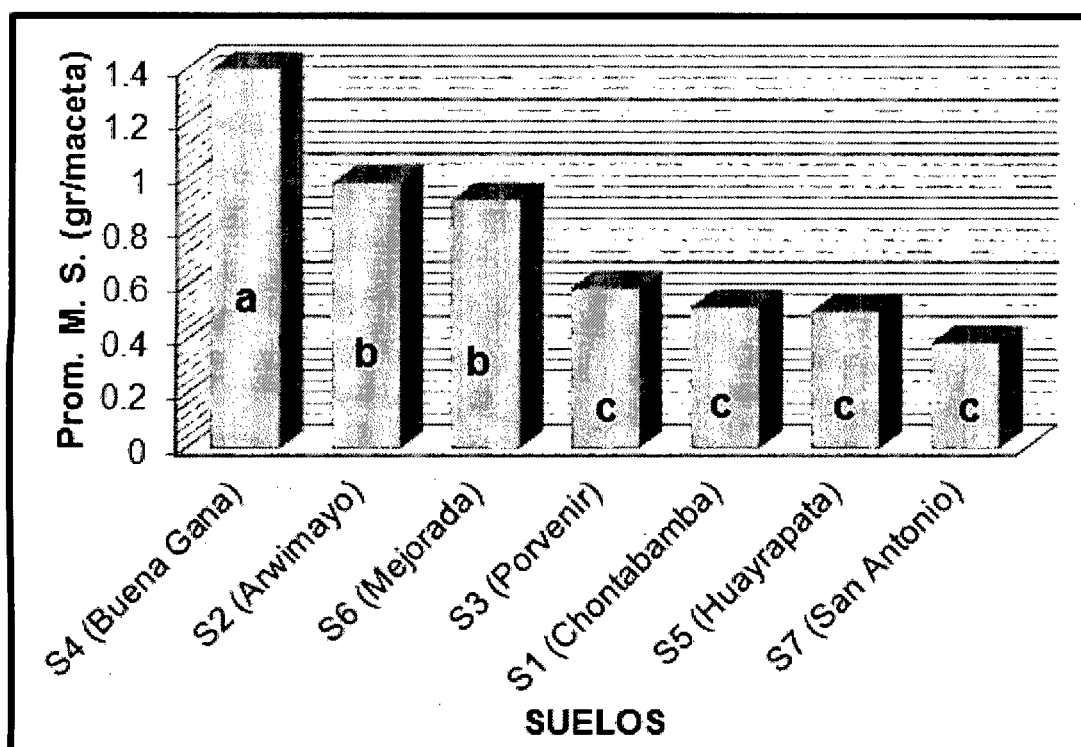


Grafico 3.12: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Azufre (-S) en los diferentes suelos

Los diferentes contenidos de azufre en los suelos determinan que las respuestas a su no adición se refleje en forma variable en la producción de materia seca. El suelo de Buena Gana (S4) resulta superior a los demás suelos; no existen diferencias entre los suelos S2 y S6 que ocupan el segundo lugar, es evidente que sus reservas son suficientes para las necesidades de los cultivos. Así mismo no existen diferencias entre los suelos S3, S1, S5 y S7.

3.3.6. Tratamiento sin Calcio (-Ca)

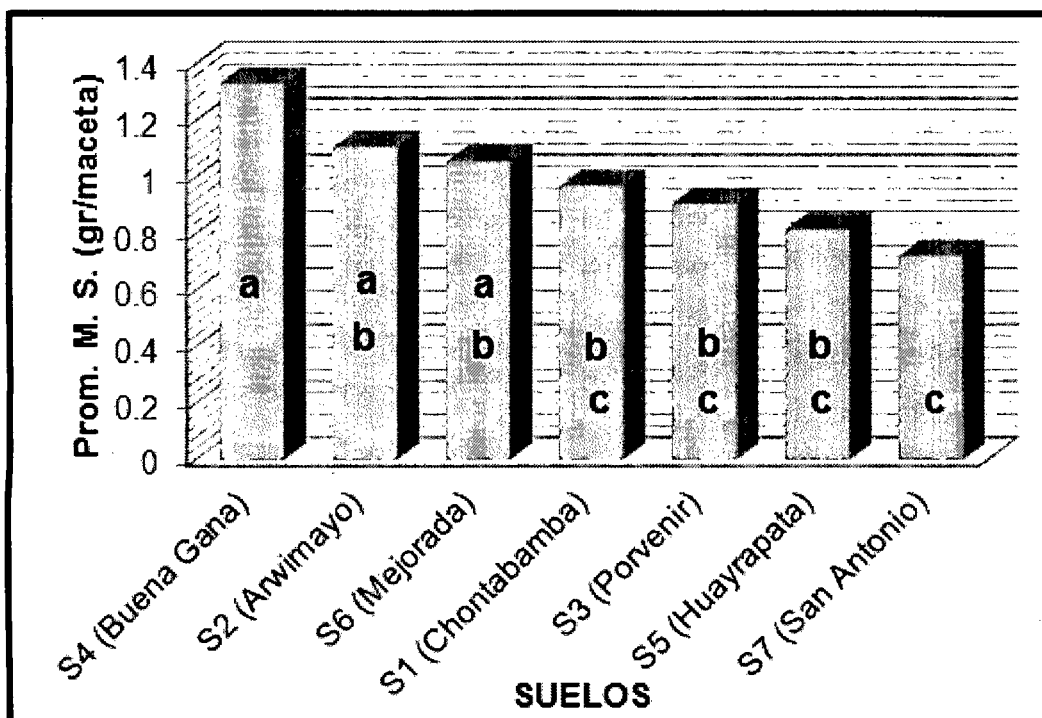


Grafico 3.13: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Calcio (-Ca) en los diferentes suelos

La respuesta de los suelos a este tratamiento ha sido variable debido a su nivel en el suelo. Los suelos S4, S2 y S6 no se diferencian entre sí, siendo superiores a los demás suelos, asimismo entre los suelo S2, S6, S1, S3 y S5 no existe diferencia, lo mismo ocurre entre los suelos S1, S3, S5 y S7; estas variaciones en el rendimiento de materia seca, se debe probablemente al nivel de calcio en dichos suelos, que se encuentran en rango variable por las mismas condiciones edafológicas y climáticas de la zona en estudio.

3.3.6. Tratamiento sin Magnesio (-Mg)

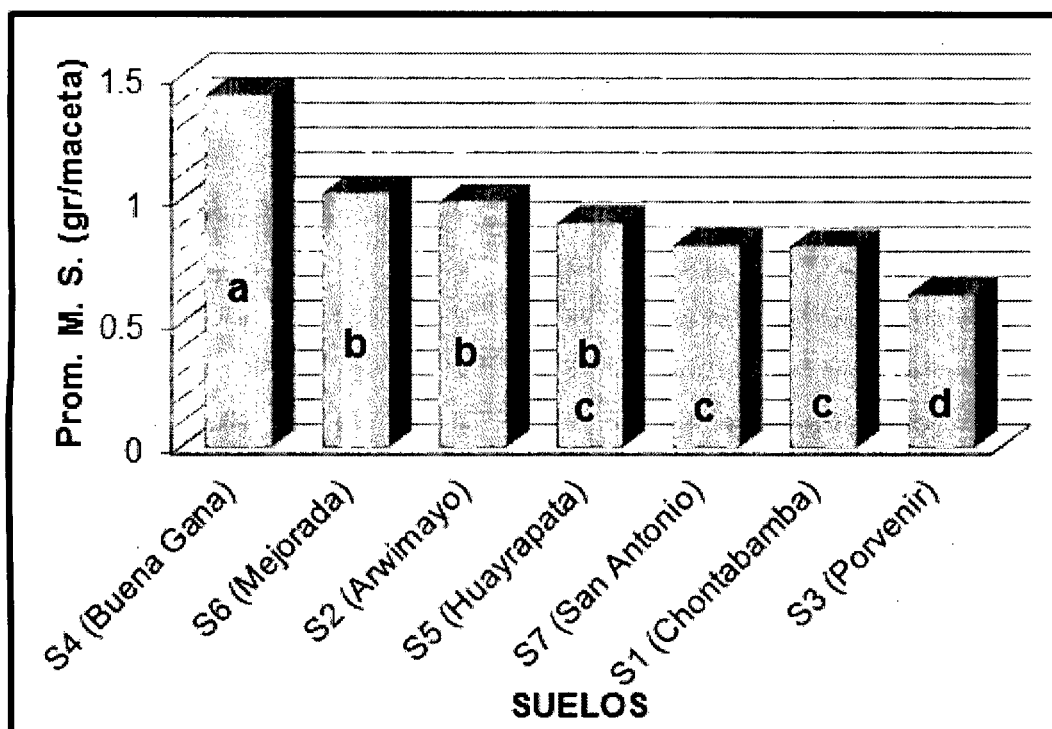


Grafico 3.14: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Magnesio (-Mg) en los diferentes suelos

La respuesta de los suelos al tratamiento es variable. En este caso el suelo de Buena Gana es superior a los demás suelos, respondiendo al tratamiento con el mayor promedio de producción de materia seca el cual se debe a su reserva en este nutriente; no se diferencian entre sí los suelos S6, S2 y S5; asimismo no existe diferencia entre los suelos S5, S7 y S1, siendo superiores al suelo S3; similar comportamiento al tratamiento sin calcio por las consideraciones expuestas.

3.3.6. Tratamiento sin Microelementos (-ME)

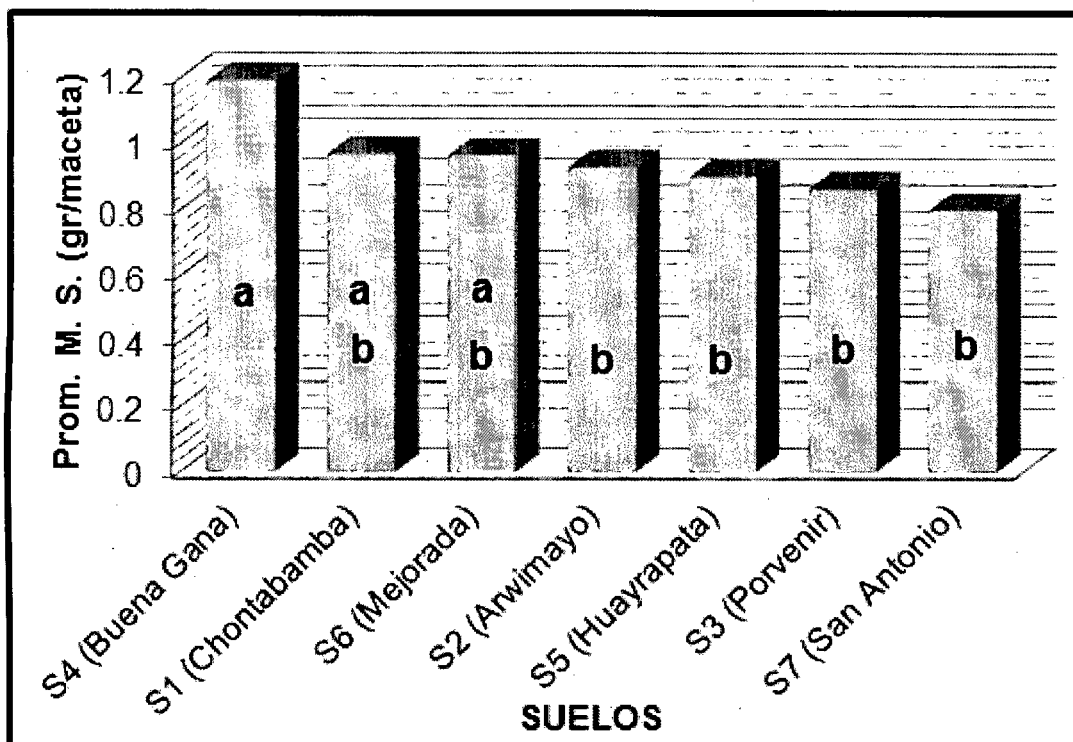


Grafico 3.15: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento sin Microelementos (-ME) en los diferentes suelos

No existe diferencia significativa entre los suelos S4, S1 y S6 siendo superior a los demás suelos, mientras que no se diferencian entre sí los suelos S1, S6, S2, S5, S3 y S7 en cuanto a la producción de materia seca. El contenido de microelementos está relacionado con el contenido de materia orgánica en el suelo y la reacción del mismo, teniendo en cuenta lo mencionado dichos suelos puede disponer de cantidades suficientes de microelementos para cubrir el requerimiento de los cultivos.

3.3.7. Tratamiento Completo (C)

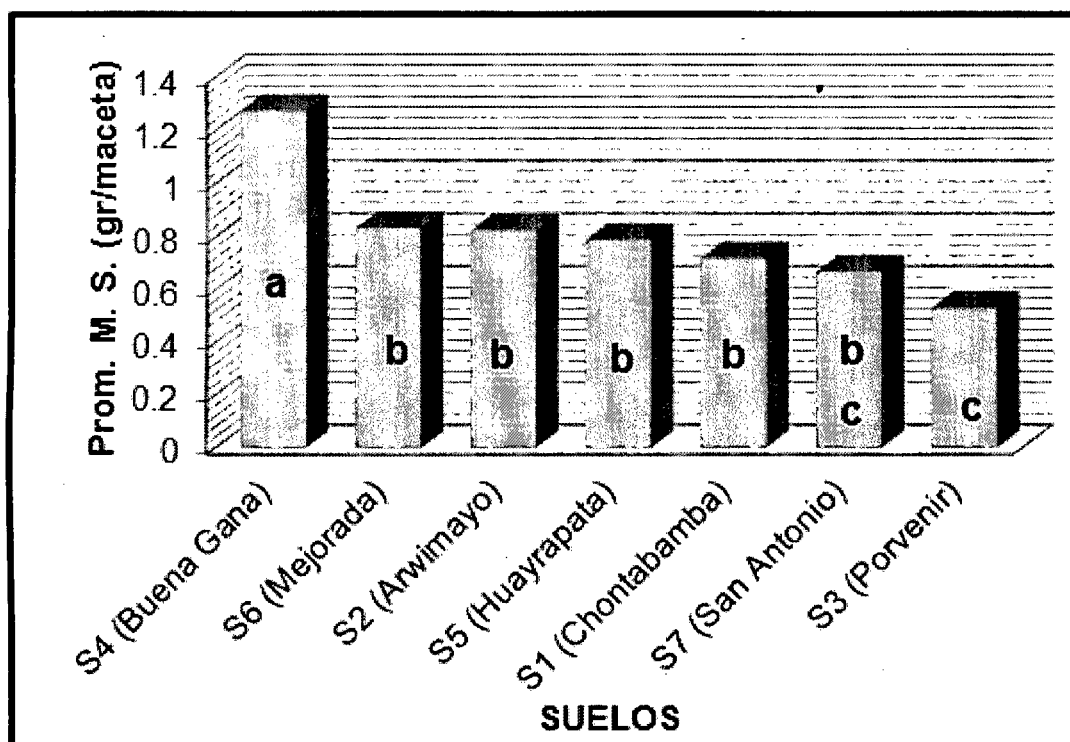


Grafico 3.16: Prueba de Duncan ($p=0.05$) del rendimiento de materia seca del tratamiento Completo (C) en los diferentes suelos

El incremento de la producción está relacionado directamente con el contenido de nutrientes en forma natural, también con la adición de nutrientes mediante el tratamiento. En este sentido el suelo de Buena Gana resulta superior a los demás suelos, a pesar de mostrar mejor fertilidad natural, lo que demuestra que aún es insuficiente y que necesariamente requiere la suplementación de nutrientes para mejorar los rendimientos. No se diferencian entre sí los suelos S6, S2, S5, S1 y S7, superando al suelo S3; no existe diferencia en el rendimiento de materia seca entre los suelos S7 y S3, siendo inferiores a los demás.

Un factor importante a tener en cuenta en estos suelos es el pH que están en niveles muy fuertemente ácidos, que repercute en la mayor o menor disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo.

Los resultados de producción de materia seca según tratamiento y análisis químico del suelo guardan relación, puesto que los rendimientos más bajos se dan en los tratamientos donde están ausentes el P, S, N, K, Ca, Mg, y ME.

El orden de deficiencia de nutrientes de los suelos en estudio de manera general sería el siguiente: $P \gg S \gg N \gg K > Ca > Mg > ME$. Los cationes cambiables como calcio y magnesio su deficiencia se debe principalmente a la pendiente del terreno y la precipitación, provocando que las escorrentías fuertes laven estos dos nutrientes, mientras que el potasio aparte de ser lixiviado probablemente esté fijado en las arcillas.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación permiten arribar a las conclusiones siguientes:

1. El nivel de Fósforo disponible de los suelos con cultivo de café se encuentran en un nivel muy bajo, nitrógeno total de medio a bajo, potasio disponible muy bajo, con relaciones catiónicas desbalanceadas.
2. El nivel nutricional de los suelos en estudio están influenciadas por la acidez de los mismos, ya que afecta en la disponibilidad del P, S, Ca y Mg. El Fósforo es el más limitante en el crecimiento y desarrollo de la planta indicadora.
3. Se establece el orden de deficiencia siguiente: $P > S > N > K > Ca > Mg > ME$
4. El mayor rendimiento de materia seca para todos los tratamientos se obtuvo en el suelo de la localidad de Buena Gana que correlaciona con su buen estado nutricional frente a los suelos de las otras localidades.
5. Se obtuvo mayor rendimiento de materia seca con el tratamiento sin microelementos (-ME) y sin Mg. Todo lo contrario ocurre con el tratamiento sin Fósforo (-P) seguido de -S, -N, -K y -Ca. El testigo, en algunos casos ha superado al elemento faltante que implica la nutrición mineral a través de sus reservas naturales.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Ampliar la caracterización de los suelos de más zonas, para tener una mayor información sobre el estado nutricional de los suelos del distrito de Anco.
2. Al ser el Fósforo el elemento más limitante en los suelos, es necesario realizar investigaciones para determinar las diferentes formas de fósforo en el suelo y a la vez calcular el nivel crítico en los suelos del Valle Rio Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORNEMISZA, E.1987. Introducción a química de suelos.OEA.Washinton.1982. 74 p.
- BUCKMAN H. y BRADY N.1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial UTEHA. México 590 p.
- BLACK, F. 1975. Relaciones Suelo - Planta. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aries.420 p.
- CHAMINADE, R. " Recherches sur la fertilité et la fertilization des sols en régions tropicales". Agro-tropicale (France) 1972.
- DEVLIN, R.1970 Fisiología vegetal. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.614 p.
- DOMINGUEZ A. 1989. Tratado de Fertilizantes. Edit. Mundi Prens. Madrid.601 p.
- Domínguez A. 1989. Tratado de Fertilizantes. Edit. Mundi Prens. Madrid.601p.
- ESTRADA, J.1986. Curso de nutrición mineral de las plantas. UNA La Molina. Lima - Perú. 196 p.
- EDWARD J.PLASTER.1982. La Ciencia del suelo y su manejo. Editores Delmar.404p.
- FASSBENDER, H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2da edición. Turrialba, Costa Rica.
- FASSBENDER, H.1984. La absorción de los fosfatos fuertemente ácidos y su evaluación. Fitotecnia Latinoamericana.Vol.3, Numero 1. 398p.
- FASSBENDER, H.1986 Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. 5^{ta} Edición. Editorial IICA.San José – Costa Rica.350p.
- INFOAGRO. 2008, en su página Web: [http://www.infoagro.com./hortalizas/tomate3 .htm](http://www.infoagro.com./hortalizas/tomate3.htm).

- GROSS, A. 1981 Abonos. Guía práctica de la fertilización. Ediciones Mundi – Madrid España.
- IBÁÑEZ, R.A. " Estado Nutricional de seis suelos de puna. Método de elemento faltante. Asociación-alfalfa/phalaris como planta indicadora". En: investigaciones. Dirección universitaria de Investigación UNSCH. Vol 1, 1976 pp.
- MENGEL y KIRBY. 2000. "Principios de Nutrición Vegetal". Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland.
- PALOMINO, R. 1987 Estado nutricional de algunos suelos agrícolas de la provincia de Huamanga, Cangallo, Víctor Fajardo y Vilcashuamán del departamento de Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de ciencias Agrarias-UNSCH. Ayacucho Perú.
- PERALTA YUPANQUI, E. 2003. "Caracterización Morfogenética y Estado Nutricional de Suelos Agrícolas de Chiara Ayacucho, con Énfasis en Zonas Paperas. Tesis Ing, Agrónomo – FCA – UNSCH.
- RAYMOND, D. 1984. Cultivo Práctico de Hortalizas. Editorial Continental S.A. México. 256p
- RAMIREZ, G.E." Retención del sulfato y relación fosfato- sulfato en suelos de Costa Rica" Tesis Mg.Sc Turrialba Costa Rica, ILCA-OEA, 1974.
- TINEO, A. 2006. Superficies de Respuesta. Ediciones Gráficas. Ayacucho, Perú. 81 p.
- TISDALE y NELSON. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edit. UTEHA. México. 498 p
- THOMPSON, L. 1974. El suelo y su fertilidad. Edit. Reverte. Madrid. 356p.
- WORTHEN, E.L y ALDRICH, S.R. " Suelos agrícolas, su conservación y fertilización". Trad. Luis de la Loza, Edit. UTEHA, México, 1965.
- YANASUPO BAUTISTA, C. 2011. "Estado Nutricional de Algunos Suelos Agrícolas del Distrito de Ayna San Francisco, Departamento Ayacucho". Informe de Práctica Pre Profesional para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ciencias Agrícolas – FCA – UNSCH.
- ZAVALETA, A. 1992. El suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima, Perú.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se ha evaluado la fertilidad del suelo de algunos anexos del Distrito de Anco – La Mar con cultivo de café (Chontabamba, Arwimayo, Porvenir, Buena Gana, Huayrapata, Mejorada y San Antonio) mediante la técnica del elemento faltante que es un método biológico rápido. Mediante esta técnica se instaló un experimento que nos permitió comparar los rendimientos de un cultivo cuando se hizo disponible un elemento en ese suelo mediante la fertilización versus el rendimiento del mismo cultivo, cuando solo se ha empleado la fertilidad natural de ese suelo (Ibáñez y Aguirre, 1983). De esta manera, se pudo observar si la no adición del elemento mediante la fertilización, repercute en el desarrollo de la planta, de no ser así el suelo posee dicho elemento en forma disponible para el suministro adecuado del vegetal. Se ha planteado el presente trabajo con los siguientes objetivos: Determinar el nivel de macroelementos en algunos suelos con cultivo de café en el Distrito de Anco e Identificar los elementos nutritivos deficientes en los suelos en estudio y su estado nutricional a través de la producción de materia seca usando como cultivo indicador la planta de tomate (*Lycopersicum sculentum*).

Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación permiten arribar a las conclusiones siguientes: El nivel de Fósforo disponible de los suelos con cultivo de café se encuentran en un nivel muy bajo, nitrógeno total de medio a bajo, potasio disponible muy bajo, con relaciones catiónicas desbalanceadas. El nivel nutricional de los suelos en estudio está influenciado por la acidez de los mismos, ya que afecta en la disponibilidad del P, S, Ca y Mg. El Fósforo es el más limitante en el crecimiento y desarrollo de la planta indicadora. Se establece el orden de deficiencia siguiente: $P > S > N > K > Ca > Mg > ME$. El mayor rendimiento de materia seca para todos los tratamientos se obtuvo en el suelo de la localidad de Buena Gana que correlaciona con su buen estado nutricional frente a los suelos de las otras localidades. Se obtuvo mayor rendimiento de materia seca con el tratamiento sin microelementos (-ME) y sin Mg. Todo lo contrario ocurre con el tratamiento sin Fósforo (-P) seguido de -S, -N, -K y -Ca. El testigo, en algunos casos ha superado al elemento faltante que implica la nutrición mineral a través de sus reservas naturales.

ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01: Excavación de calicata en la localidad de Porvenir



Fotografía N° 02: Perfil del Suelo de la localidad de Porvenir



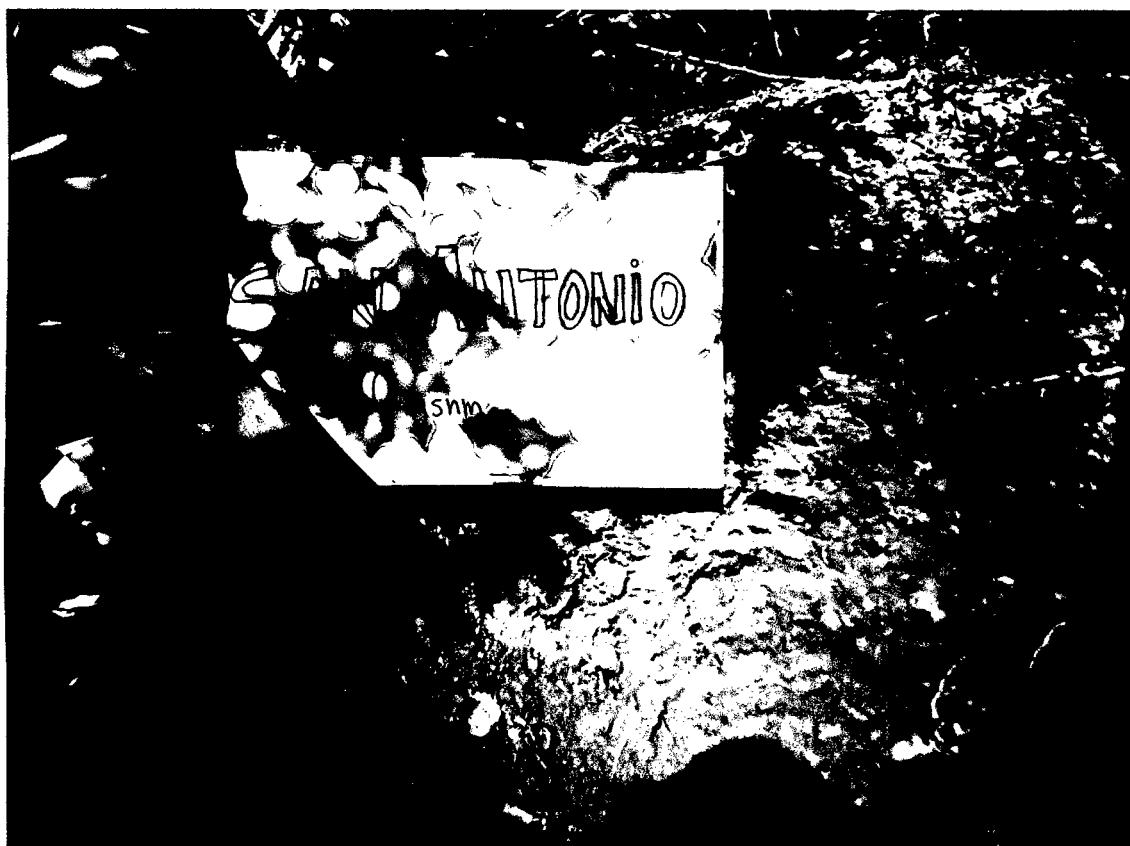
Fotografía N° 03: Toma de muestra de la localidad de Arwimayo



Fotografía N° 04: Perfil del suelo de la localidad de Arwimayo



Fotografía N° 05: Toma de muestra de suelo de la localidad de San Antonio



Fotografía N° 06: Perfil del Suelo de la Localidad de San Antonio



Fotografía N° 07: Toma de muestra de la localidad de Mejorada



Fotografía N° 08: Perfil del suelo de la localidad de Mejorada



Fotografía N° 09: Perfil del suelo de la localidad de Chontabamba



Fotografía N° 10: Perfil de los suelos de la localidad de Huayrapata



Fotografía N° 11: Perfil del Suelo de la localidad de Buena Gana



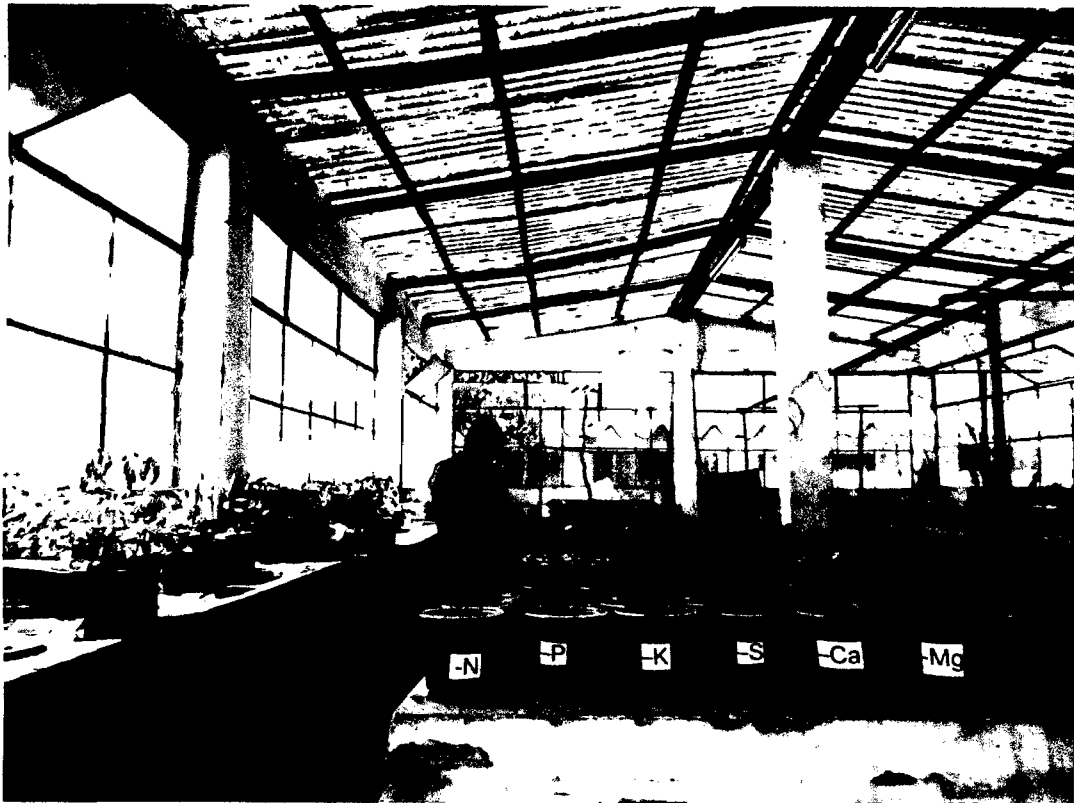
Fotografía N°12: cafetales de la localidad de Buena Gana



Fotografía N°13: conducción del experimento en el invernadero



Fotografía N°14: Aplicación de fungicida a las plántulas de tomate



Fotografía N°15: Manejo del experimento

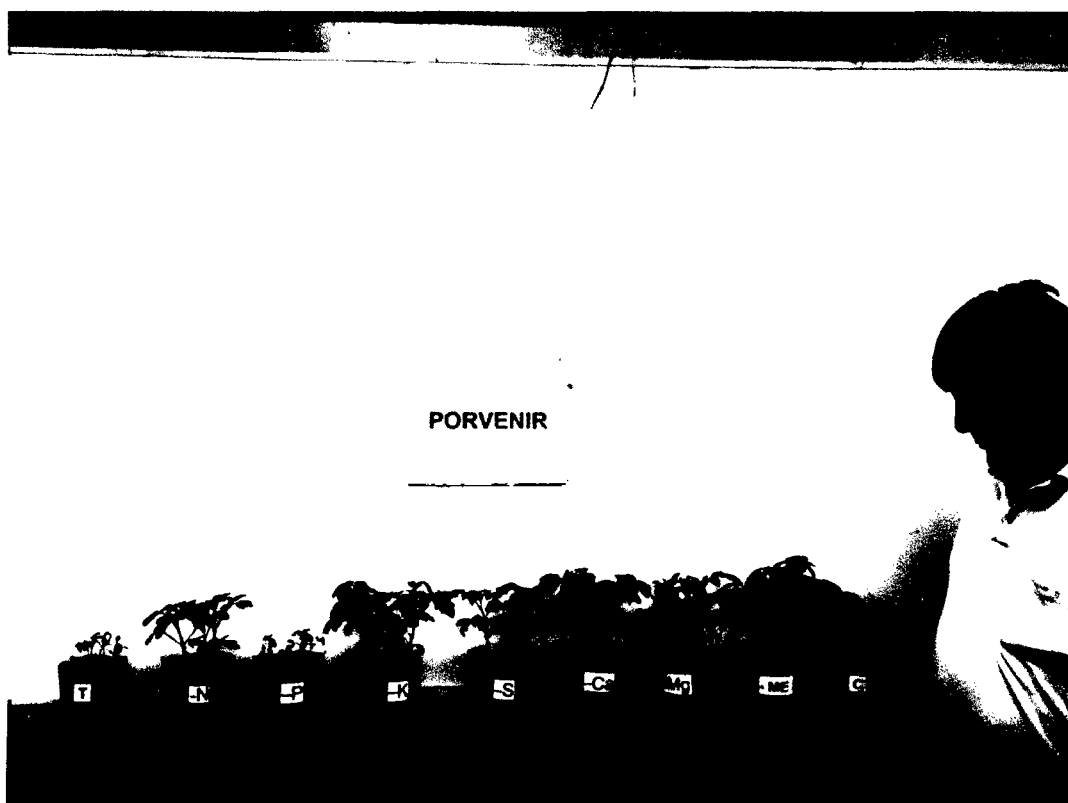
CHONTABAMBA



Fotografía N° 16: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de Chontabamba



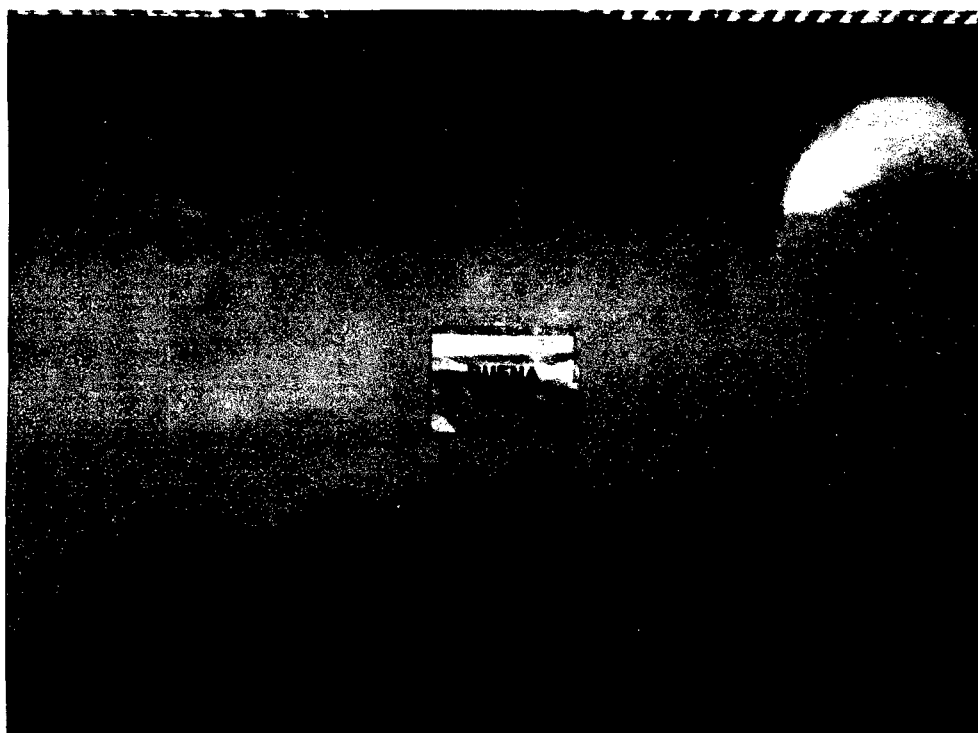
Fotografía N° 17: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de Arwimayo



Fotografía N° 18: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de Porvenir



Fotografía N° 19: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de Huayrapata



Fotografía N° 20: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de Buena Gana



Fotografía N° 21: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de Mejorada



Fotografía N° 22: Deficiencia de Nutrientes en el Suelo de San Antonio



Fotografía N° 23: Cosecha de las plantas para determinación de materia seca



Fotografía N° 24: Secado de las muestras en estufa

CUADRO A.1: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE CHONTABAMBA.

Horiz.	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-34	37.3	21.7	41.0	Arcilloso	4.55	0.137	4.74	0.24	3.9	29.5	3.84	1.28	0.15	0.40	0.04	17.0
Bt	34-61	35.3	20.0	44.7	Arcilloso	4.95	0.065	0.77	0.03	3.6	38.2	3.92	1.44	0.20	1.74	0.18	14.4
C	61-96	39.3	18.4	42.3	Arcilloso	4.98	0.047	0.90	0.04	2.1	73.8	2.48	1.44	0.38	1.23	2.27	15.6

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

CUADRO A.2: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE ARWIMAYO.

Horiz.	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-27	37.3	24.4	38.3	Fr-Ar	5.10	0.126	4.99	0.25	3.6	29.5	6.16	2.64	0.15	0.22	0.02	14.8
B	27-52	35.3	22.4	42.3	Arcilloso	5.50	0.129	3.71	0.19	2.0	83.9	5.68	2.40	0.43	0.27	0.01	13.0
C	52-80	33.3	20.4	46.3	Arcilloso	5.70	0.057	0.90	0.04	2.9	68.5	5.92	2.56	0.35	0.22	0.14	11.0

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

CUADRO A.3: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE PORVENIR.

Horiz.	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-37	35.3	20.4	44.3	Arcilloso	4.90	0.105	4.48	0.22	2.1	76.5	2.88	1.04	0.39	0.42	0.14	10.3
C	37-80	27.3	18.4	54.3	Arcilloso	5.00	0.036	0.77	0.04	3.3	72.5	1.60	1.92	0.37	0.38	0.10	8.0

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

CUADRO A.4: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE BUENA GANA.

Horiz.	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-44	60.6	17.3	22.1	Fr-Ar-Ao	5.15	0.418	10.7	0.53	6.0	113.5	9.12	2.16	0.58	0.24	0.12	18.7
B	44-88	51.3	17.3	31.4	Fr-Ar-Ao	5.30	0.136	1.54	0.08	8.7	124.2	6.32	1.84	0.64	0.17	0.03	12.5
C	88-124	49.3	17.3	33.4	Fr-Ar-Ao	4.90	0.097	0.90	0.04	7.4	120.2	6.08	1.68	0.62	0.48	0.16	12.2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

CUADRO A.5: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE HUAYRAPATA.

Horiz.	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-38	35.3	28.7	36.0	Fr-Ar	4.10	0.162	5.76	0.29	3.7	102.7	4.64	1.76	0.53	1.08	0.31	17.3
C	38-72	23.3	26.7	50.0	Ar	3.90	0.126	1.33	0.07	2.2	132.3	1.52	2.00	0.68	3.29	0.37	12.2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

CUADRO A.6: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE MEJORADA.

Horiz.	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-40	43.3	26.4	30.3	Fr-Ar	4.15	0.226	5.50	0.28	4.3	106.7	4.24	2.08	0.55	0.82	0.34	14.1
C	40-76	25.3	30.4	44.3	Ar	4.65	0.084	2.18	0.11	2.3	109.4	2.32	0.80	0.56	0.96	0.40	11.1

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

CUADRO A.7: ANALISIS DE CARACTERIZACION DEL PERFIL DEL SUELO CON CULTIVO DE CAFÉ DE LA PARCELA REPRESENTATIVA DEL ANEXO DE SAN ANTONIO.

Horiz	Prof. (cm.)	Fracciones (%)			Clase Textural	pH (agua)	C. E. (dS/m)	M. O. (%)	N _{Total} (%)	P-disp (ppm)	K-disp (ppm)	Cationes cambiabiles (cmol.kg ⁻¹)					C.I.C. (cmol.kg ⁻¹)
		Arena	Limo	Arcilla								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
Ap	0-34	31.3	22.4	46.3	Arcilloso	4.95	0.107	3.97	0.20	6.3	75.8	2.08	1.52	0.39	1.19	0.05	11.8
Bt	34-69	29.3	20.4	50.3	Arcilloso	3.70	0.066	2.69	0.13	4.5	77.2	1.28	0.80	0.40	2.20	0.24	10.8
C	69-115	39.3	14.4	46.3	Arcilloso	4.40	0.037	1.79	0.09	1.4	100.0	0.64	0.32	0.51	2.87	0.07	10.2

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – PIPG-FCA- UNSCH.

Cuadro A.8: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento Testigo (T)

Tratamiento Testigo (T)		
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación
S4 (Buena Gana)	0.260	a b b b b c b c c
S1 (Chontabamba)	0.123	
S2 (Arwimayo)	0.120	
S7 (San Antonio)	0.116	
S3 (Porvenir)	0.107	
S6 (Mejorada)	0.107	
S5 (Huayrapata)	0.050	

Cuadro A.9: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento Sin Nitrógeno (-N)

Tratamiento sin Nitrógeno (-N)				
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación		
S4 (Buena Gana)	1.43	a		
S6 (Mejorada)	1.07		b	
S5 (Huayrapata)	0.84			c
S2 (Arwimayo)	0.83			c
S7 (San Antonio)	0.817			c
S1 (Chontabamba)	0.71			c d
S3 (Porvenir)	0.617			c d

Cuadro A.10: Prueba de Contraste Duncan ($p=0.05$) por Tratamiento Sin Fosforo (-P)

Tratamiento sin fósforo (-P)			
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación	
S4 (Buena Gana)	0.293	a	
S3 (Porvenir)	0.22	a	b
S7 (San Antonio)	0.143	a	b
S5 (Huayrapata)	0.14	a	b
S6 (Mejorada)	0.12		b
S2 (Arwimayo)	0.103		b
S1 (Chontabamba)	0.103		b

Cuadro A.11: Cuadro de prueba de significación del tratamiento Sin Potasio (-K)

Tratamiento sin Potasio (- K)				
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación		
S4 (Buena Gana)	1.223	a		
S2 (Arwimayo)	1.09	a	b	
S6 (Mejorada)	0.873		b	c
S5 (Huayrapata)	0.847		b	c
S1 (Chontabamba)	0.833		b	c
S7 (San Antonio)	0.71			c
S3 (Porvenir)	0.607			c

Cuadro A.12: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento Sin Azufre (-S)

Tratamiento sin Azufre (-S)				
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación		
S4 (Buena Gana)	1.4	a		
S2 (Arwimayo)	0.98		b	
S6 (Mejorada)	0.917		b	
S3 (Porvenir)	0.593			c
S1 (Chontabamba)	0.523			c
S5 (Huayrapata)	0.507			c
S7 (San Antonio)	0.39			c

Cuadro A.13: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento sin Calcio (-Ca)

Tratamiento sin Calcio (-Ca)				
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación		
S4 (Buena Gana)	1.333	a		
S2 (Arwimayo)	1.107	a	b	
S6 (Mejorada)	1.057	a	b	
S1 (Chontabamba)	0.97		b	c
S3 (Porvenir)	0.907		b	c
S5 (Huayrapata)	0.817		b	c
S7 (San Antonio)	0.723			c

Cuadro A.14: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento sin Magnesio (-Mg)

Tratamiento sin Magnesio (-Mg)				
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación		
S4 (Buena Gana)	1.427	a		
S6 (Mejorada)	1.03		b	
S2 (Arwimayo)	0.997		b	
S5 (Huayrapata)	0.91		b	c
S7 (San Antonio)	0.82			c
S1 (Chontabamba)	0.817			c
S3 (Porvenir)	0.62			d

Cuadro A.15: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento Sin Microelementos (-ME)

Tratamiento sin Microelementos (-ME)			
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación	
S4 (Buena Gana)	1.19	a	
S1 (Chontabamba)	0.967	a	b
S6 (Mejorada)	0.963	a	b
S2 (Arwimayo)	0.927		b
S5 (Huayrapata)	0.897		b
S3 (Porvenir)	0.86		b
S7 (San Antonio)	0.797		b

Cuadro A.16: Prueba de Contraste Duncan ($p>0.05$) por Tratamiento Completo (C)

Tratamiento Completo (C)				
Suelos	Prom. M.S (gr/maceta)	Significación		
S4 (Buena Gana)	1.273	a		
S6 (Mejorada)	0.833		b	
S2 (Arwimayo)	0.823		b	
S5 (Huayrapata)	0.787		b	
S1 (Chontabamba)	0.717		b	
S7 (San Antonio)	0.667		b	c
S3 (Porvenir)	0.53			c