



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



Componente práctico del Exámen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Evaluación de la fertilidad de Suelos y Calidad de aguas, en el
agroecosistema de la Granja San Pablo, Provincia De Los Ríos.”

AUTOR:

Fausto Alfonso Mora Calero

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

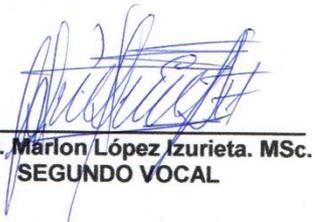
Componente Práctico de Examen Complexivo presentado al H. Consejo Directivo
como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Evaluación de la fertilidad de Suelos y Calidad de aguas, en el
agroecosistema de la Granja San Pablo, Provincia De Los Ríos.”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN


Ing. Agr. Oscar Mora Castro. MAB.
PRESIDENTE
Ing. Agr. Carlos Barros Veas. MSc.
PRIMER VOCAL
Ing. Agr. Marlon López Izurieta. MSc.
SEGUNDO VOCAL

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios todo poderoso, a mis padres, mis hijos, mis hermanos, mis abuelos, mis tíos, mis primos, mis amigos y a todos aquellos que pusieron ese granito de arena para lograr el objetivo final.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios Padre, por brindarme la oportunidad de vivir.
- A mis padres por todo su apoyo.
- A mis hermanos, por comprensión y cariño.
- A mi familia por estar siempre allí en mi vida.
- A la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias y su personal docente, por su aporte en mi formación profesional.
- A el Ing. Agr. MSc. Eduardo Colina, Tutor de este trabajo por sus sabios concejos sobre el trabajo.
- A todos mis compañeros de lucha y estudios, por el tiempo dedicado y aportaciones hechas.
- Gracias....

Los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidos en la presente investigación pertenecen de manera exclusiva al autor.

Fausto Alfonso Mora Calero

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO.....	6
1.1. Definición del tema caso de estudio.....	6
1.2. Planteamiento del problema.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.4. Objetivo	8
1.4.1. General.....	8
1.4.2. Específicos	8
1.5. Fundamentación teórica.....	9
1.6. Hipótesis	14
1.7. Metodología de la investigación	15
CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1. Situaciones detectadas (hallazgo)	15
2.2. Soluciones planteadas	16
2.3. Conclusiones.....	24
2.4. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso).....	25
BIBLIOGRAFÍA	26

RESUMEN

Los mapas de suelo consisten en la representación gráfica de una determinada zona de la superficie terrestre, en los que aparecen reflejados sobre un papel los diferentes tipos de suelos separados por sus contornos. En el caso de los suelos no solo era necesario clasificarlos y agruparlos para generalizar los resultados obtenidos en las investigaciones, sino evaluarlos para su uso agrícola, conocer cuál es la mejor opción de uso de cada suelo o de un ambiente (suelo más clima) y así surge la evaluación de tierras. Su principal utilidad es proveer a los responsables de planificación y manejo (a diferentes niveles) las bases para la toma de decisiones más racionales. El trabajo se realizó en los terrenos de la granja experimental "San Pablo", ubicada en Km 7,5 de la vía Babahoyo-Montalvo. Se investigaron las características nutricionales de los suelos de la granja en función de sus propiedades físicas y químicas. Se evaluó también el contenido de materia orgánica, potencial hidrógeno, textura de suelo y la sumatoria de bases intercambiables en lotes de muestreo de 1 m²; y en calicatas de 2 metros cúbicos. En lo referente al agua de riego se realizaron dos muestreos en río y en pozo, estudiando su calidad física y química. Los resultados muestran niveles altos de elementos que pueden causar toxicidad a los cultivos (Fe, Mn, Cu, Ca) y niveles muy bajos de boro. El suelo en promedio es franco arcillo limoso y pertenece al grupo de los entisoles.

Palabras clave: Textura, características, nutrientes, bases, muestreo.

ABSTRACT

The soils maps consist on the graphic representation of a certain area of the terrestrial surface, in those that appear reflected on a paper the different types of separate floors for their contours. In the case of the necessary floors non single era to classify them and to contain them the results obtained in the investigations to generalize, but evaluating them for their agricultural use, to know which the best option in use of each soil is or of an atmosphere (I am accustomed to more climate) and the evaluation of lands arises this way. Their main utility is to provide to those responsible for planning and handling (at different levels) the bases for the taking of more rational decisions. The work was carried out in the lands of the experimental farm "San Pablo", located in Km 7,5 of the road Babahoyo-Montalvo. The nutritional characteristics of the soils of the farm were investigated in function of their physical and chemical properties. Also the one was evaluated it contended of matter organic, potential hydrogen, floor texture and the sumatoria of interchangeable bases in lots of sampling of 1 m²; and in calicata of 2 m³ meters. Regarding the watering water they were carried out two samplings in river and in well, studying their physical quality and chemistry. The results show high levels of elements that can cause toxicity to the cultivations (Fe, Mn, Cu, Ca) and even very low of boron. The soil on the average is silty clay loam and it belongs to the group of the entisols.

Keywords: Texture, characteristic, nutritious, bases, sampling.

INTRODUCCIÓN

La Pedología o Edafología es la subdisciplina de las ciencias del suelo que se encarga de integrar y cuantificar la distribución, morfología, génesis y clasificación de los suelos como cuerpo natural del paisaje (Ibañez y Boixadera 2002). Esta ciencia estuvo en crisis en los países desarrollados por diversas causas (Zinck 1990), entre ellas, la terminación de los inventarios de suelo en escalas detalladas; sin embargo, ya que se constituyó la Unión Europea, en este momento se trabaja para hacer compatibles los diversos esquemas de clasificación que se usan, además de generar inventarios y mapas de suelos comunes. En estos países, las preocupaciones principales en cuanto a la degradación del suelo son la erosión y la contaminación por los usos industrial y urbano.

La degradación de las características y propiedades físicas del suelo es una de las principales limitaciones en los suelos agrícolas, por lo que hace necesario implementar prácticas de manejo orientadas a su recuperación. Con la finalidad de determinar la respuesta del suelo, expresada en sus propiedades físicas. La agricultura intensiva ha conllevado al deterioro del recurso natural más importante, el suelo, producto a tecnologías de labranza tradicionales que alteran sus propiedades físicas y elevan los costos de producción.

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la presencia de plantas, influyen de manera notable sobre el número y la actividad de las poblaciones microbianas (Luna *et al.*, 2002). Para elucidar las intrincadas interrelaciones y mecanismos de control del flujo de nutrientes y de energía en el ecosistema suelo, se requiere de una cuantificación realista de la biomasa microbiana. A partir de datos realistas de la cantidad de carbono de la biomasa microbiana se puede derivar información valiosa sobre el crecimiento microbiano, la tasa de recambio y de muerte de los microorganismos del suelo y la eficiencia en el uso del C orgánico en suelos.

La clasificación de suelos tiene como finalidad su ordenamiento según las características principales, de tal manera que el nombre proporciona

información sintetizada con base en conceptos previamente acordados y entendibles entre el grupo de personas que la conoce y maneja. La clasificación es necesaria para la propagación de técnicas con éxito en los ámbitos agrícola, pecuario, forestal, urbano, ambiental y de salud.

Así, por ejemplo, el servicio de extensión agrícola requiere el manejo de la clasificación edafológica o el nombre vernáculo del suelo para propagar las dosis de fertilizante, herbicida, abono, etcétera; otros casos son las recomendaciones sobre: a) técnicas de manejo de cultivos de cobertera, b) tipo y forma de labranza, c) técnicas de remediación de suelos contaminados y d) técnicas de construcción, entre otras. Todas ellas requieren del conocimiento del tipo de suelo. Cuando no se tiene la información taxonómica de los suelos, esto repercute negativamente en el éxito del servicio de extensión agrícola. Además, en el manejo del suelo se requiere de la consideración de la heterogeneidad espacial mediante la elaboración de mapas a diversas escalas con el fin de lograr aumentos en la producción agrícola, así como evitar problemas de degradación del ambiente y de salud humana (FAO-ISRIC-IUSSS, 2001).

La evaluación de suelos tiende a enfocarse en los requerimientos específicos del suelo y manejo de tierras y el encuadre entre ambos. La mayoría de las evaluaciones de suelos han sido implementadas para manejos de sistemas agrícolas y sistemas de cultivos, aunque los mismos principios se pueden aplicar a otras medidas.

Dentro del manejo de las tierras se integra el manejo del suelo y tiende a enfocarse en las diferencias de tipos de suelos y sus características para definir intervenciones específicas con el ámbito de mejorar su calidad para el seleccionado uso de la tierra. Prácticas específicas de manejo del suelo son necesarias para la protección y conservación de los recursos del suelo. Además, existen intervenciones específicas para aumentar el almacenamiento de carbono en el suelo y mitigar el cambio climático (FAO, 2015).

Por este motivo la importancia de la realización de la presente investigación, con la cual se encontrará una alternativa para el mejoramiento de la producción de soya.

Basado en la información detallada previamente se plantea el siguiente problema:

¿El conocimiento sobre las propiedades física y químicas de los suelos, es de por sí una estrategia para indicar la calidad y salud de este, generando incrementos en la producción de los cultivos, aumentando también la sostenibilidad del sistema productivo?

CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El país se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar en particular la presencia de suelos volcánicos con un potencial agrícola elevado y una amplia gama de climas sobre distancias cortas. Muy temprano, el hombre supo aprovechar estas condiciones favorables y desarrollar una agricultura floreciente que se distingue por sus producciones de una notable diversidad de donde alternan productos tropicales y de clima templado.

1.2. Planteamiento del problema

La degradación de las características y propiedades físicas del suelo es una de las principales limitaciones en los suelos agrícolas, por lo que hace necesario implementar prácticas de manejo orientadas a su recuperación. Con la finalidad de determinar la respuesta del suelo, expresada en sus propiedades físicas. La agricultura intensiva ha conllevado al deterioro del recurso natural más importante, el suelo, producto a tecnologías de labranza tradicionales que alteran sus propiedades físicas y elevan los costos de producción.

La evaluación de suelos tiende a enfocarse en los requerimientos específicos del suelo y manejo de tierras, y el encuadre entre ambos. La mayoría de las evaluaciones de suelos han sido implementadas para manejos de sistemas agrícolas y sistemas de cultivos, aunque los mismos principios se pueden aplicar a otras medidas.

Dentro del manejo de las tierras se integra el manejo del suelo y tiende a enfocarse en las diferencias de tipos de suelos y sus características para definir intervenciones específicas con el ámbito de mejorar su calidad para el seleccionado uso de la tierra. Prácticas específicas de manejo del suelo son necesarias para la protección y conservación de los recursos del suelo. Además, existen intervenciones específicas para aumentar el almacenamiento de carbono en el suelo y mitigar el cambio climático (FAO, 2015).

1.3. Justificación

El suelo es un medio natural de donde las plantas obtienen los elementos minerales (elementos esenciales) que requieren para su nutrición. Sin embargo, ocurre que, por razones naturales, derivadas de la calidad de los materiales originales que dieron formación al suelo, o a situaciones inducidas, como son la extracción por los cultivos (sin la reposición correspondiente) y las pérdidas por erosión o mal manejo del recurso, éste no puede suministrar los elementos nutricionales en la cantidad adecuada. La explotación agrícola de los suelos ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y las salidas de algunos nutrientes esenciales. Como consecuencia de esto, se ha producido un déficit en el aporte de los elementos que es necesario suplir mediante la fertilización.

Todas las plantas requieren de elementos nutritivos para completar su desarrollo normal. Estos elementos se denominan esenciales, y deben estar disponibles para los cultivos cuando éstos los requieran. En general, se estima que el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) representan probablemente el 80 a 90% de los problemas nutricionales del mundo, apareciendo con menos frecuencia deficiencias de los otros nutrientes. Antes de decidir si es necesario aplicar un fertilizante y cuánto hay que aplicar, en caso de que haya que hacerlo, es preciso demostrar que el suelo no es capaz de proporcionar un determinado nutriente en cantidad suficiente para alcanzar un rendimiento cercano al máximo posible en un agro sistema dado.

La función que debe desempeñar el profesional o técnico de terreno es diagnosticar la condición de suministro de los elementos esenciales del suelo y establecer las estrategias y soluciones para que el nivel de dichos nutrientes sea suficiente para el crecimiento óptimo de los cultivos. Para cumplir con el diagnóstico se puede recurrir a diferentes métodos, entre los que destacan el análisis foliar, ensayos biológicos y el análisis de suelo.

La interpretación agronómica del resultado de un análisis químico utilizado con fines de diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, requiere de otras informaciones adicionales, como la relación entre el resultado

analítico y el porcentaje del rendimiento máximo que es posible alcanzar con ese nivel de disponibilidad, y la respuesta que se puede esperar al aplicar un fertilizante que contenga el elemento analizado.

El resultado analítico va a tener diferente significado agronómico si se trata de un cultivo de cereal, de un cultivo de chacra o de un cultivo industrial. Esto se debe a que las plantas difieren en sus requerimientos nutricionales, por lo tanto, cada especie tiene diferente demanda de un determinado elemento para completar su normal desarrollo. Así un mismo resultado analítico puede tener distinta interpretación agronómica. Lo mismo puede ocurrir entre diferentes suelos, toda vez que éstos presentan características químicas y físicas propias que hacen que la dinámica de los nutrientes en ellos sea particular, en términos de capacidad de suministro, de intensidad, de fijación o retención, etc. De acuerdo a los rendimientos obtenidos en los diferentes suelos, sin aplicar el nutriente en estudio, estos sitios se califican de bajos, medios o altos.

A medida que la práctica de la agricultura ha pasado de ser una forma de vida a un sistema donde se debe considerar el aspecto técnico y económico en las decisiones de producción, con la incorporación de insumos que permitan obtener rendimientos altos por unidad de superficie, se ha hecho necesaria la utilización del análisis de suelo, de manera de se puedan utilizar en la forma precisa para calcular las dosis de nutrientes que requieren los cultivos y el mismo. En los últimos cincuenta años se ha avanzado en el área del conocimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de las plantas.

1.4. Objetivo

1.4.1. General

Evaluar las propiedades físicas de un suelo dedicado a la siembra de maíz directa y convencional.

1.4.2. Específicos

- Determinar las principales características y propiedades físicas de un suelo, en un sistema de siembra directa y convencional.
- Identificar posibles afectaciones en la calidad agronómica de los suelos.

- Establecer alternativas de manejos de los suelos.

1.5. Fundamentación teórica

El uso de una fertilización casi exclusivamente química ha provocado un enorme empobrecimiento de los suelos de cultivo en materia orgánica, quedando afectada la fertilidad del suelo, lo que se manifiesta en forma de desequilibrios minerales, con un enriquecimiento de potasio y fósforo y un empobrecimiento de magnesio y micronutrientes. (Aubert, 1977)

Como consecuencia de la reducción de la materia orgánica y de la intensificación del laboreo con maquinaria pesada, puede quedar seriamente afectada la actividad microbiana y la estabilidad de la estructura del suelo. Además, la fertilización mineral a dosis mayores de las necesarias puede inhibir la capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico de algunos microorganismos del suelo, así como la formación de micorrizas. En el sistema intensivo se promueve el uso de variedades y especies de alto rendimiento que se repiten en la misma parcela varios años consecutivos, reduciéndose o suprimiéndose las rotaciones de cultivo y las cubiertas vegetales, provocando así una pérdida de diversidad biológica e incrementando la sensibilidad global del sistema a la aparición de daños catastróficos por causas diversas (Ribó Herrero, 2004).

La degradación del suelo es un problema que ha crecido con el paso del tiempo, generando problemas ambientales de tipo global, regional y local como, por ejemplo, el cambio climático global, el azolve de lagos y la compactación del suelo. La capacidad de la tierra para producir alimentos a disminuido 16 % en los últimos años debido a que 40 % de los suelos agrícolas del mundo están siendo afectados por la degradación (física, química y biológica), lo cual ha reducido su capacidad productiva por los problemas de salinidad, acidificación, compactación, anegamiento y contaminación, así como por las actividades humanas, como: deforestación y explotación de bosques (574 Mha⁻¹), sobrepastoreo (679 Mha⁻¹), manejo impropio de suelos agrícolas (552 Mha⁻¹), sobreexplotación de la vegetación para usos domésticos (133 Mha⁻¹) y actividades industriales (23 Mha⁻¹), representando 15 % de los suelos mundiales (Oldeman, 1994).

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la presencia de plantas, influyen de manera notable sobre el número y la actividad de las poblaciones microbianas (Luna *et al.*, 2002). Para elucidar las intrincadas interrelaciones y mecanismos de control del flujo de nutrientes y de energía en el ecosistema suelo, se requiere de una cuantificación realista de la biomasa microbiana. A partir de datos realistas de la cantidad de carbono de la biomasa microbiana se puede derivar información valiosa sobre el crecimiento microbiano, la tasa de recambio y de muerte de los microorganismos del suelo y la eficiencia en el uso del C orgánico en suelos.

La degradación del suelo se debe a diversos factores: a) la operación de prácticas agropecuarias en las que se utiliza el suelo como sustrato, sin considerar sus propiedades, funciones y potencial intrínseco; b) la escasez de estudios edafológicos (debido al alto costo y a la escasa cantidad de profesionistas que trabajen en el área); c) la dificultad de la comprensión de los conocimientos edafológicos generados; d) la insuficiente planeación en el uso del suelo; e) la poca cantidad de profesionistas en el área y f) la falta de conciencia ambiental al desconocer la importancia del suelo (Zinck 1990; Valenzuela *et al.*, 1994).

La Pedología o Edafología es la subdisciplina de las ciencias del suelo que se encarga de integrar y cuantificar la distribución, morfología, génesis y clasificación de los suelos como cuerpo natural del paisaje (Ibañez y Boixadera 2002). Esta ciencia estuvo en crisis en los países desarrollados por diversas causas (Zinck 2005), entre ellas, la terminación de los inventarios de suelo en escalas detalladas; sin embargo, ya que se constituyó la Unión Europea, en este momento se trabaja para hacer compatibles los diversos esquemas de clasificación que se usan, además de generar inventarios y mapas de suelos comunes. En estos países, las preocupaciones principales en cuanto a la degradación del suelo son la erosión y la contaminación por los usos industrial y urbano.

2.2. Estudios de suelos

La clasificación de suelos tiene como finalidad su ordenamiento según las características principales, de tal manera que el nombre proporciona información sintetizada con base en conceptos previamente acordados y entendibles entre el grupo de personas que la conoce y maneja. La clasificación es necesaria para la propagación de técnicas con éxito en los ámbitos agrícola, pecuario, forestal, urbano, ambiental y de salud. Así, por ejemplo, el servicio de extensión agrícola requiere el manejo de la clasificación edafológica o el nombre vernáculo del suelo para propagar las dosis de fertilizante, herbicida, abono, etcétera; otros casos son las recomendaciones sobre: a) técnicas de manejo de cultivos de cobertura, b) tipo y forma de labranza, c) técnicas de remediación de suelos contaminados y d) técnicas de construcción, entre otras. Todas ellas requieren del conocimiento del tipo de suelo. Cuando no se tiene la información taxonómica de los suelos, esto repercute negativamente en el éxito del servicio de extensión agrícola. Además, en el manejo del suelo se requiere de la consideración de la heterogeneidad espacial mediante la elaboración de mapas a diversas escalas con el fin de lograr aumentos en la producción agrícola, así como evitar problemas de degradación del ambiente y de salud humana (FAO-ISRIC-IUSSS, 2001).

El uso de enmiendas orgánicas se ha realizado como complemento al aporte de fuentes inorgánicas, como mejorador de las propiedades del suelo, o en agricultura extensiva y orgánica. Sin embargo, el mal uso de estos residuos orgánicos ya sea por altas dosis y/o inadecuada época de aplicación, ha sido asociado a contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Martínez *et al.*, 2003; Cuevas y Walter, 2004; Ruiz, 2005).

Según Smith y Frost (2000), la ganadería grandes volúmenes de residuos orgánicos son generados, en especial en sistemas de producción intensiva. Por ejemplo, una vaca de 550 kg de peso vivo excreta 19 m³ año⁻¹ (fecas y orina), equivalente a 96 kg de N vaca⁻¹ año⁻¹. Se ha estimado que a nivel mundial se generan 59.458 Tg (10¹² g= 106 ton) de N anualmente producto de la excreción de ganado bovino. Una proporción de estas fecas y orina es depositada por los animales durante el pastoreo, otra parte queda en patios de estabulación, sala

de ordeña e instalaciones donde transitan los animales, y requieren ser colectados y aplicados al campo”.

Existen distintos tipos de enmiendas orgánicas disponibles en el país, las cuales son subproductos o residuos de las distintas actividades productivas. En términos generales las podemos clasificar en: a) Subproductos orgánicos de origen animal; b) guanos, estiércol y purines; c) Lodos del tratamiento de residuos industriales; d) Subproductos de la industria o actividades productivas y otros. En general el contenido de nutrientes en las enmiendas orgánicas es bajo, sin embargo debido a los grandes volúmenes generados éstos pasan a constituirse en un importante recurso de nutrientes al suelo. Este contenido de nutrientes se divide en una fracción orgánica y una soluble o disponible, siendo esta última la de rápida disponibilidad para su absorción por las plantas. Cuando se consideran estas dos fracciones se habla de nutrientes totales. Los nutrientes N y P de una enmienda se presentan principalmente en formas orgánicas, ureidos, proteínas, fitatos, entre otros (Sims y Wolf, 1994). La forma orgánica de los nutrientes debe ser transformada a formas solubles para su uso, lo que ocurre naturalmente una vez aplicado al suelo a través de la mineralización (transformación biológica desde la fracción orgánica a inorgánica) de estos nutrientes (Hirzel y Salarzar, 2011).

La selección de dosis adecuadas de aplicación de enmiendas orgánicas tiene ventajas tanto económicas como ambientales. Como recomendación general se debe ajustar las dosis de aplicación a los rendimientos de cultivos o pradera esperados, tomando en cuenta la capacidad de aporte del suelo, rotación de cultivos previa, y aplicaciones de residuos orgánicos en años anteriores (Sylvester-Bradley, 1993). Además, la dosis a aplicar debe considerar el desbalance nutricional propio de este tipo de residuos orgánicos (por ejemplo la alta relación P:N que supera la relación de absorción por las plantas cultivadas).

Dado que el N y el P son dos nutrientes cuya dosis a usar en cultivos debe ser cuidadosamente determinada, porque los excesos generan mayor riesgo de contaminación ambiental (contaminación de napas freáticas por lixiviación de

nitratos, y de aguas superficiales por efecto de escorrentía del P arrastrado erosivamente desde la superficie) y en algunos casos desequilibrios de crecimiento (excesos de N) que pueden afectar la fenología del cultivo como el caso del arroz, la dosis de enmienda a emplear se debe determinar en función de la dosis de estos dos nutrientes, según las necesidades nutricionales de cada cultivo asociadas a sus características genéticas y nivel de rendimiento. Como la mayoría de los cultivos presenta una mayor necesidad de N que P, al calcular la dosis de enmienda en función de este nutriente se puede exceder el requerimiento de P y de otros nutrientes, dado que la razón N:P es muy similar para la mayoría de las enmiendas. Esto puede generar en algunos casos problemas medioambientales, por ejemplo, en suelos de baja capacidad de fijación de P, y también desequilibrios nutricionales, como el desbalance de cationes a favor del potasio (K) cuando se emplean purines en forma consecutiva en suelos cultivados con forrajeras (Hirzel, 2011).

Hirzel (2011), señala que las principales ventajas del uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización se relacionan con la construcción del suelo, en términos de propiedades físicas, químicas y biológicas, eso se traduce en aumentos progresivos en la producción y productividad de los cultivos y en los ciclos biológicos del suelo, afectando principalmente a los organismos benéficos del mismo. También se contribuye al reciclaje de residuos, a la reducción en el uso de fertilizantes de síntesis.

Debido a la poca consideración que se le ha dado a este aspecto desde que se inició el uso generalizado de fertilizantes de síntesis, es importante revalorizar el papel de la materia orgánica del suelo, ya que ésta desempeña una función insustituible en el mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. La fuente original de materia orgánica en los suelos de cultivo proviene de la incorporación de restos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, así como de la biomasa microbiana. Estos restos tan dispares se suelen denominar materia orgánica fresca y, bajo la acción de factores edáficos, climáticos y biológicos se encuentran sometidos a un constante proceso de transformación. Hay que destacar pues, la naturaleza dinámica de la materia orgánica del suelo, ya que no es un componente fijo y

homogéneo, sino que va transformándose y evolucionando sin cesar (Ribó Herrero, 2004).

Bernad, Thompson y Silke (2000) indican que la mayoría de los suelos contienen materia orgánica que deriva principalmente de la descomposición parcial de residuos vegetales. En menor cantidad pueden originarse también en restos de animales y deyecciones. Las proporciones de la materia orgánica varían desde cero, como en el caso de algunos depósitos arenosos, hasta 95 % o más de algunas turberas, en suelos agrícolas, comunes su proporción rara vez excede del 15 %. La materia orgánica es el asiento de la mayoría de los procesos microbiológicos que se operan en el suelo, de los cuales uno de los más importantes es el de oxidación de la materia orgánica, proceso que depende en la mayor parte de la actividad metabólica de materia y hongos, aunque probablemente también exista una limitada cantidad de descomposición puramente química, en condiciones excepcionalmente favorables para la actividad de los microorganismos, la materia orgánica del suelo se oxida, completamente y desaparece”.

Se dice la materia orgánica es un importante componente natural de los suelos agrícolas en pequeñas cantidades actúa como agentes físicas, químico biológico, mejorando la estructura y fertilidad, se dice que el máximo efecto benéfico de la materia orgánica se define cuando esta alcanza un avanzado grado de descomposición y da origen a las sustancias húmicas, ácido húmico, ácido fúlvico y ácido húmico o innato melánico. Las corrientes ecológicas preocupadas siempre por preservar sano el ambiente han motivado el desarrollo de tecnología de producción que permiten obtener altos rendimientos de la cosecha sin degradar o detener los recursos naturales, por lo que hoy nuevamente como en los orígenes de la agricultura, existe una mayor preocupación por la existencia orgánica como fuente de fertilidad productiva y sostenible de los suelos.

1.6. Hipótesis

Ho: El conocimiento de algunas características y propiedades físicas de los suelos, no mejoran el manejo de los cultivos.

Ha: El conocimiento de algunas características y propiedades físicas de los suelos, mejoran el manejo de los cultivos.

1.7. Metodología de la investigación

El trabajo se basó en el conjunto de recopilación y compilación documental. En este caso fue necesario el empleo, compendio, lectura, análisis, síntesis y exploración de diversas bibliografías, como: folletos, catálogos, libros, revistas, artículos científicos y páginas web, estas fueron supeditadas a diversas técnicas de trabajo, realizando resúmenes sobre la presencia de estos microorganismos en la producción de soya.

CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Situaciones detectadas

La presente investigación se realizó en los predios de en la granja experimental “San Pablo” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Kilómetro 7 ½ de la Vía Babahoyo-Montalvo. La zona presenta un clima tropical húmedo según clasificación de Holdribge, con temperatura anual de 25,7° C, una precipitación de 1845 mm/año, humedad relativa de 76% y 804,7 horas de heliofanía de promedio anual. Coordenadas geográficas de longitud Oeste 79° 32', latitud sur 01°49', altitud 8 msnm.

La evaluación del estado estructural se realizó mediante el método del perfil cultural (Calicata), que consiste en la descripción morfológica de la estructura a distintos estratos evaluados. Esta descripción se basó en una zonificación de la variabilidad del estado estructural, ponderando en cada zona

del ensayo, mediante su porosidad visible, la forma en que se agrupan y asociándolos al mismo tiempo, con el sistema de porosidad estructural y textural.

Se describió el perfil cultural de cada uno de los lotes del ensayo seleccionado. Las unidades experimentales fueron de 4 m de longitud por un y 5 metros de longitud. La descripción se hizo en calicatas de 2 m³ de volumen en algunos casos y 1 m³ en otros. Se hicieron tres bloques en las 215 hectáreas del lote.

Para la realización de este trabajo se empleó, estadística descriptiva, inferencial y paramétrica para la medición de las variables a evaluar. Se realizó estratificación de muestra, por lo tanto, no se aplicaron biodiseños, en las variables edáficas. Se evaluó: concentración de macro y microelementos, pH, materia orgánica y suma de bases.

Previo al establecimiento del ensayo se tomó muestras de suelo en el área de los predios de la granja a una profundidad de 20 cm, mediante el método de zig-zag, para proceder al análisis químico, con el fin de determinar los nutrientes presentes en el mismo.

2.2. Soluciones planteadas

La zona presenta una topografía regular plana, con formación de sectores de depresión (pozas). El material parental pertenece al grupo de Roca Sedimentaria tipo arenisca, como agente transportador se indica al agua, la cual formó un depósito aluvial de sedimentos no muy antiguos. Las calicatas realizadas en el sector determinaron suelos relativamente profundos (medias superiores a 1,3 m), con colores de suelos que varían del 5 YR - Chorma 2-4 al Gley 2 (Según Munsell Soil color chart) y perfiles de poco desarrollo.

El gráfico 1 y Figura 1, indican la división de los perfiles de cada calicata, en las cuales se hace una diferenciación de los rangos y cambios de tonalidad.

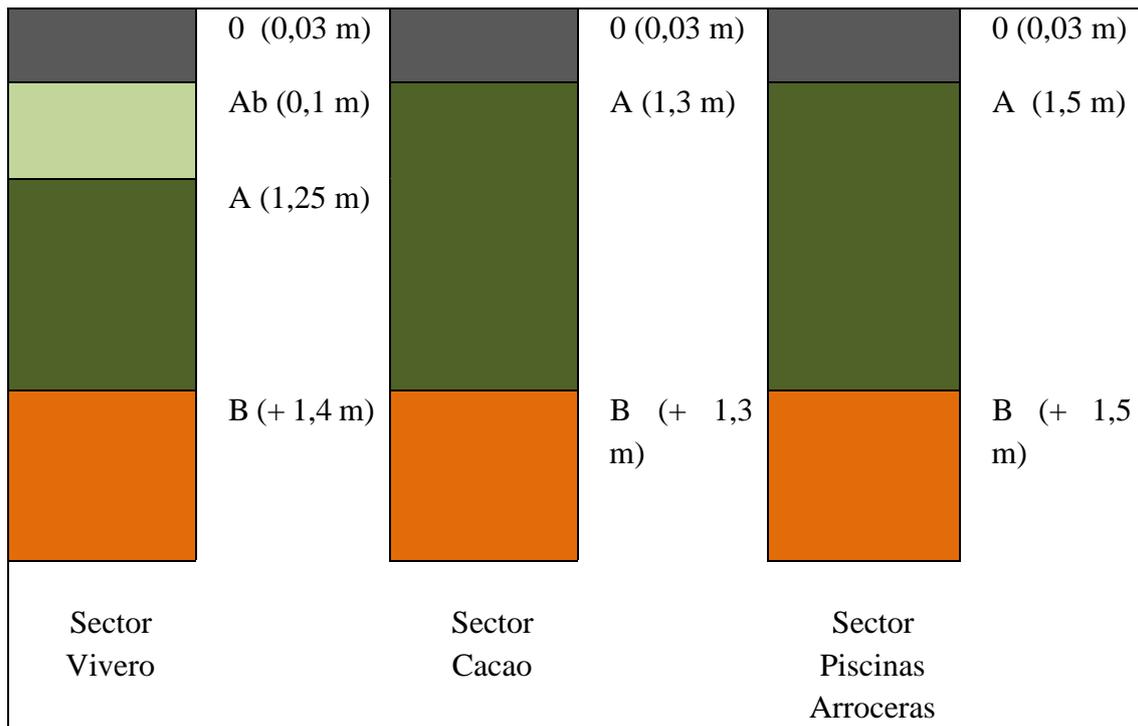


Gráfico 1. División de perfiles de suelos en la Granja Experimental "San Pablo". UTB. 2019.



Figura 1. Perfiles de suelos de la Granja Experimental "San Pablo". UTB. 2019.

La clasificación de suelos del USDA (Soil Taxonomy), los coloca en el Orden Entisol, encontrándose en cada calicata una subclasificación como lo indica la Cuadro 1 (Anexo 10).

Cuadro 1. Clasificación de suelos de la Granja Experimental “San Pablo”, 2019.

LOT E	NOMBRE	Orden	Suborden	Gran Grupo
1	Sector Vivero	Entisol	Fluvents	Ustifluvents
2	Sector Cacao	Inceptisol	Psamment	Ustipsammen
3	Sector Piscinas	Inceptisol	Uderts	Dystruderts

Textura, materia orgánica y pH en suelos agrícolas

En el Cuadro 2 (Anexo 11) se detallan los valores de los suelos del sector. Estos presentaron texturas variadas desde Franco Arcilloso (29 % de los lotes), Franco Arcillo-limoso (36 %), Arcilloso (29 %) y apenas un 6 % presentó suelos de textura Franco limosa.

El promedio general de Materia Orgánica fue 2,65 %, el cual es bajo según el nivel óptimo para los suelos (3,5 %). Los rangos estuvieron desde 1,92 % en el más bajo hasta 3,84 % en el alto (Cuadro 2). Los resultados de los análisis de pH determinaron rangos desde 5,2 a 6,6; con una media de 5,8 o medianamente ácido (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de textura, materia orgánica y pH en suelos agrícolas de Babahoyo, 2019.

LOTE	NOMBRE	Textura	M.O.	pH
1	Bosquete	FL	1,92	5,6
2	Prácticas estudiantiles	FA	3,10	6,4
3	Piscinas arroceras	A	2,21	6,4
4	Ganadería	FAL	2,51	5,8
5	Bananera-Cacaotera-Palma Aceitera	FAL	2,51	5,5
6	Ganadería-Palo prieto	FAL	2,36	5,8
7	Piscinas arroceras-taller	A	3,84	5,6
8	Piscinas arroceras-canal	A	2,36	6,1
9	Fruticultura	FA	2,66	6,6

10	Prácticas intensivas	FAL	2,80	5,8
11	Lote bananera-curva	FAL	3,40	5,2
12	Piscinas arroceras-canal entrada 1	FA	2,50	5,5
13	Piscinas arroceras-canal entrada 2	A	2,80	5,6
14	Lote Decanato	FA	2,10	5,9
Promedio (**)			2,65	5,8

Fa: franco arcilloso

Fal: franco arcilloso limoso

Fl: franco limoso

A: arcilloso

Macroelementos Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)

En los suelos de la zona estudiada solo el 7 % presentó niveles altos de Nitrógeno, observándose un 43 % de ellos con niveles medios y la mitad (50 %) con valores bajos. El promedio general de Nitrógeno en el sector fue (20,6 $\mu\text{g}/\text{mL}$), valor apenas superior al límite mínimo del nivel de referencia óptimo de 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (Cuadro 3, Anexo 1).

Los promedios de Fósforo mostraron menor variabilidad, con niveles altos de este elemento en el 64 % de los lotes analizados, mientras el 36 % mostró niveles medios. La media general del análisis fue 39,07 $\mu\text{g}/\text{mL}$, superior al nivel de referencia óptimo que es 20 $\mu\text{g}/\text{ml}$ (Cuadro 3, Anexo 2).

El análisis determinó suelos con un 28 % de nivel alto y; 36 % para los niveles medio y bajo de Potasio. El promedio general del elemento fue 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$, valor que se encuentra dentro del rango de referencia óptimo para el elemento 156,0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (Cuadro 3, Anexo 3).

Cuadro 3. Concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en suelos agrícolas en la zona de Los Ríos, 2019.

LOTE	NOMBRE	Concentración $\mu\text{g}/\text{ml}$					
		N		P		K	
1	Bosquete	3	B	15	M	100	M
2	Prácticas estudiantiles	16	B	46	A	647	A
3	Piscinas arroceras	8	B	32	A	57	B
4	Ganadería	30	M	13	M	100	M
5	Bananera-Cacaotera-Palma Aceitera	5	B	13	M	130	M
6	Ganadería-Palo prieto	12	B	15	M	74	B
7	Piscinas arroceras-taller	28	M	54	A	189	A

8	Piscinas arroceras-canal	22	M	14	M	39	B
9	Fruticultura	18	B	156	A	238	A
10	Prácticas intensivas	26	M	60	A	225	A
11	Lote bananera-curva	28	M	31	A	95	M
12	Piscinas arroceras-canal entrada 1	50	A	23	A	77	B
13	Piscinas arroceras-canal entrada 2	16	B	23	A	89	M
14	Lote Decanato	26	M	52	A	42	B
Promedio		20,6	M	39,07	A	150	M
Nivel óptimo en suelo		40		20		156	

Macroelementos Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S)

Los suelos del sector presentan en el 100 % de los lotes, niveles altos de Calcio (2719 $\mu\text{g/mL}$) y Magnesio (779 $\mu\text{g/mL}$), promedios superiores al nivel de referencia óptimo, que para el Calcio es de 1600 $\mu\text{g/mL}$ y 243 $\mu\text{g/mL}$ para magnesio (Cuadro 4, Anexo 4).

En el caso del Azufre se encontró un nivel alto en el 36 % de los lotes muestreados, para el nivel medio de concentración un 43 % y el 21 % para suelos con nivel bajo del elemento. El promedio general fue 25,21 $\mu\text{g/mL}$, superior al nivel de referencia óptimo que es 20 $\mu\text{g/mL}$ (Cuadro 4, Anexo 5).

Cuadro 4. Concentración de Calcio, Magnesio y Azufre, en suelos agrícolas en la zona de Los Ríos, 2019.

LOTE	NOMBRE	Concentración					
		$\mu\text{g/ml}$					
		Ca		Mg		S	
1	Bosquete	2287	A	575	A	13	M
2	Prácticas estudiantiles	2882	A	1039	A	121	A
3	Piscinas arroceras	2564	A	704	A	7	B
4	Ganadería	2368	A	456	A	4	B
5	Bananera-Cacaotera-Palma Aceitera	1990	A	515	A	8	B
6	Ganadería-Palo prieto	2284	A	730	A	31	A
7	Piscinas arroceras-taller	3250	A	646	A	17	M
8	Piscinas arroceras-canal	3730	A	780	A	12	M
9	Fruticultura	3878	A	505	A	23	A
10	Prácticas intensivas	3254	A	617	A	16	M
11	Lote bananera-curva	2470	A	665	A	47	A
12	Piscinas arroceras-canal entrada 1	2683	A	568	A	24	A

13	Piscinas arroceras-canal entrada 2	2473	A	569	A	14	M
14	Lote Decanato	1954	A	2538	A	16	M
Promedio		2719,07	A	779,07	A	25,21	A
Nivel óptimo en suelo		1800		243		20	

Microelementos Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B)

Los niveles promedios de Hierro (305 µg/mL) y Cobre (15,57 µg/mL), fueron altos en el 100 % de los lotes examinados. Siendo estos valores superiores al nivel de referencia óptimo, que en Cobre es 4 µg/mL y 40 µg/mL en Hierro (Cuadro 5, Anexo 6).

Los promedios de Manganeso presentaron variabilidad, los suelos con niveles altos del elemento fueron el 71 % de los lotes muestreados, mientras el 29 % de ellos presentó niveles medios. La media general de los análisis de suelos fue 35,92 µg/mL, superior al nivel de referencia óptimo que es 15 µg/mL (Cuadro 5, Anexo 7).

Los suelos no mostraron niveles altos de Zinc, encontrándose el 36 % de estos con niveles medios y el 64 % en niveles bajos. El promedio general del elemento fue 1,94 µg/mL, por debajo del rango de referencia óptimo para el elemento, que es 2,0 µg/mL (Cuadro 5, Anexo 8).

El Boro presentó niveles bajos de concentración en el 93 % de los suelos del sector, con apenas un lote (7 %), en un rango alto. No se obtuvo niveles medios en este elemento, con una media de 0,21 µg/mL, muy por debajo del rango de referencia óptimo 0,5 µg/mL (Cuadro 5, Anexo 9).

Cuadro 5. Concentración de Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso y Boro, en suelos agrícolas en la zona de Los Ríos, 2019.

LOTE	NOMBRE	Concentración µg/ml				
		Zn	Cu	Fe	Mn	B
1	Bosquete	1,7 B	15,0 A	199	14,2 M	0,11
2	Prácticas estudiantiles	2,6 M	13,6 A	66 A	19,1 A	1,24
3	Piscinas arroceras	3,0 B	17,6 A	163	10,6 M	0,09
4	Ganadería	1,8 B	13,5 A	274	19,0 A	0,15

5	Bananera-Cacaotera-Palma Aceitera	1,2 B	13,9 A	233	51,9 A	0,08
6	Ganadería-Palo prieto	1,5 B	14,3 A	247	101 A	0,14
7	Piscinas arroceras-taller	1,1 B	8,60 A	435	38,5 A	0,18
8	Piscinas arroceras-canal	3,1 M	16,3 A	157	12,2 M	0,26
9	Fruticultura	1,2 B	13,4 A	316	6,9 M	0,10
10	Prácticas intensivas	2,5 M	17,3 A	350	48 A	0,14
11	Lote bananera-curva	2,1 M	25,9 A	662	107 A	0,10
12	Piscinas arroceras-canal entrada 1	1,2 B	11,2 A	351	27,5 A	0,14
13	Piscinas arroceras-canal entrada 2	1,9 B	19,5 A	370	26,0 A	0,08
14	Lote Decanato	2,3 M	17,9 A	459	21,0 A	0,11
Promedio		1,94 B	15,57 A	305	35,92 A	0,21
		7	4	40	15	1

Suma de bases

La variabilidad de los valores de la sumatoria de bases (K, Mg y Ca), se mostró con rangos que van del 14,52 meq/100 mL en el lote Bananera hasta 30,77 meq/100 mL en el lote Decanato. El promedio general fue 20,39 meq/100 mL, el cual es alto en comparación al nivel de referencia óptimo que es 10,4 meq/100 mL (Cuadro 6).

Cuadro 6. Suma de bases en suelos agrícolas de Babahoyo, 2019.

LOTE	NOMBRE	meq/100 mL			
		K	Ca	Mg	∑Bases
1	Bosquete	0,26	11,44	4,73	16,43
2	Prácticas estudiantiles	1,66	14,41	8,55	24,62
3	Piscinas arroceras	0,15	12,82	5,79	18,76
4	Ganadería	0,26	11,84	3,75	15,85
5	Bananera-Cacaotera-Palma Aceitera	0,33	9,95	4,24	14,52
6	Ganadería-Palo prieto	0,19	11,42	6,01	17,62
7	Piscinas arroceras-taller	0,48	16,25	5,32	22,05
8	Piscinas arroceras-canal	0,10	18,65	6,42	25,17
9	Fruticultura	0,61	19,39	4,16	24,16
10	Prácticas intensivas	0,58	16,27	5,08	21,93
11	Lote bananera-curva	0,24	12,35	5,47	18,06
12	Piscinas arroceras-canal entrada 1	0,20	13,42	4,67	18,29
13	Piscinas arroceras-canal entrada 2	0,23	12,37	4,68	17,28
14	Lote Decanato	0,11	9,77	20,89	30,77

Promedio (**)	0,39	13,60	6,41	20,39
---------------	------	-------	------	-------

Características del agua de río y pozo

La calidad del agua de las fuentes internas (pozos) y externas (río) del sector, se midieron según la concentración de sales disueltas, rango de absorción de sodio y pH.

El análisis determinó que la concentración de sales está por debajo de los parámetros para usos de agua en agricultura. Las mismas tienen bajos niveles de carbonatos y cloro (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de dureza del agua de pozo y río. Babahoyo, 2019.

LOTE	NOMBRE	Concentración meq/L			
		CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
1	Pozo	0,20	6,4	1,50	nd
2	Río	0,23	2,2	1,17	nd

La concentración de minerales disueltos es mayor en el agua proveniente de pozo, con niveles muy altos de Sodio (120,5 mg/L), comparada con el agua del Río "San Pablo" (14,5 mg/L). (Cuadro 8)

Cuadro 8. Valores de nutrientes del agua de pozo y río. Babahoyo, 2019.

LOTE	NOMBRE	Concentración mg/L			
		Ca	Mg	Na	K
1	Pozo	26,20	17,9	120,5	4
2	Río	31,75	7,97	14,5	3

El agua proveniente de pozo profundo tiene una mayor conductividad eléctrica (806 μ S/cm) a la derivada del río "San Pablo" (61 μ S/cm). Los valores de pH

son relativamente iguales en las dos vertientes. Sin embargo, el rango de absorción de sodio (RAS) es mayor en el agua de pozo (4).

La calidad de agua según la Escala FAO, sitúa al agua de pozo en la Clase C3S1 o aguas de salinidad media a alta con bajo contenido de sodio, mientras el agua del río “San Pablo” está en C1S1 o aguas de baja salinidad con bajo contenido de sodio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores de calidad física del agua de pozo y río. Babahoyo, 2019.

LOTE	NOMBRE	CE μS/cm	pH	RAS	PSI	% Sodio	Clase
1	Pozo	806	7,15	3	5	65	C3S1
2	Río	61	7,08	3	3	4	C1S1

2.3. Conclusiones

El suelo es un medio natural de donde las plantas obtienen los elementos minerales que requieren para su nutrición. Sin embargo, ocurre que, por razones naturales, derivadas de la calidad de los materiales originales que dieron formación al suelo, o a situaciones inducidas, como son la extracción por los cultivos o pastos y las pérdidas por erosión o mal manejo del recurso, éste no puede suministrar los elementos nutricionales en la cantidad adecuada.

La explotación agrícola de los suelos ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y las salidas de algunos nutrientes esenciales. Como consecuencia de esto, se ha producido un déficit en el aporte de los elementos que es necesario suplir mediante la fertilización. Este desbalance es posible evaluarlo, con cierta precisión, a través del análisis químico de suelo. La función que debe desempeñar el profesional o técnico de terreno es diagnosticar la condición de suministro de los elementos esenciales del suelo y establecer las estrategias, y soluciones para que el nivel de dichos nutrientes sea suficiente para el crecimiento óptimo de los cultivos.

La calidad del suelo de la zona está determinada por el origen aluvial del mismo, los entisoles y vertisoles encontrados presentan características físicas adecuada para su uso agrícola, sin embargo las limitaciones externas (ciclo de inundaciones), aumentan problema en la disponibilidad de los elementos para los cultivos.

Los suelos de la granja “San Pablo” contienen un adecuado balance de nutrientes, bajo las condiciones de manejo presentadas. Sin embargo, se presentan problemas con la calidad del agua proveniente de fuentes subterráneas. Estas influyen sobre la disponibilidad de nutrientes en especial Calcio, magnesio, Potasio, Hierro y Cobre.

2.4. Recomendaciones

1. Evitar la sobreexplotación de la capacidad de uso de las tierras y las prácticas de manejo inadecuadas de la agricultura convencional, para no afectar la fertilidad natural del suelo y poner en peligro su productividad. Por lo que el manejo integrado del sistema de cultivo donde el uso, manejo y conservación del suelo juegan un papel fundamental para su éxito.
2. Generar conocimiento y preservación de la fertilidad y la productividad de los suelos, para lo que se debe conocer como conservar y recuperar la estructura del suelo, teniendo en cuenta la posible pérdida de profundidad del suelo, pero también la pérdida de nutrientes y de materia orgánica, y el deterioro de las propiedades físicas. Debiéndose integrar el control de la erosión y el mantenimiento de la fertilidad química, física y biológica del suelo.
3. Ejecutar opciones de manejo que influyan en el restablecimiento de la materia orgánica (humus) de los suelos, tales como, aporte de materia orgánica, realizar la fertilización mediante balance de los nutrientes para

evitar su acumulación priorizando el uso de Biofertilizantes como alternativa más ecológica.

4. Debe tenerse en las propiedades físico - químicas de los suelos, entre otras reacciones de intercambio que se producen, hacen poco disponibles para el vegetal los elementos que pudieran estar relativamente abundantes.
5. Abandonar el intento de introducir tecnologías “transferencias” de países de climas templados. Lo que significa que se deberán desarrollar sistemas agrícolas totalmente diferentes y adaptados a las condiciones socioeconómicas de cada lugar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bernard, J. Thompson, L. Silke, K. (2000). Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté, S. A. España. pp 229 – 231. 2000.
2. Cuevas, L. (2004). El suelo. Enciclopedia Informativa. Tomo 2. 3 p 421. 2004.
3. FAO. 2015. Agricultura de Conservación: La intensificación sostenible de la producción agrícola. Disponible en: www.fao.org (último acceso: 27 de 07 de 2016). 2016.
4. FAO-CCI-CTA. (2003). World Markets for Organic Fruit and Vegetables. Circular nº 42/2013, 05/06/01. pp. 29-34. Disponible en: www.fao.agri.org (último acceso: 27 de 02 de 2019).
5. FAO-CCI-CTA. (2001). World Markets for Organic Fruit and Vegetables. Circular nº 40/2014, 05/06/07. pp. 40-42. Disponible en: www.fao.agri.org

- (último acceso: 27 de 02 de 2019).
6. Hirzel, J. (2011). Enmiendas orgánicas: Una alternativa para la fertilización del arroz. *Diario El Mercurio, Campo*. 22:01 (2013): 10. 2013.
 7. Ibañez, J. (2002). *Microorganismos y agricultura moderna*. Serie Agrícola, tomo 1. Editorial Cultural S.A. Madrid-España. pp 80 – 95.
 8. Luna G.; Vega J.; Franco H.; Vásquez, M.; Trujillo, N.; Ramíre, E.; Dendooven, L. (2002). Actividad microbiana en suelos. *Avance y Perspectiva* 21, 328-332.
 9. Martínez, F.; Cuevas, G.; Calvo, R.; Walter, I. (2006). Biowaste effects on soil and native plants in a semiarid ecosystem. *Journal of Environmental Quality* 32:472-479. 2003.
 10. Oldeman, R. (1994). *Manual técnico de fertilización*. Editorial Gráfica. Buenos Aires-Argentina. 42 p. 2002.
 11. Ribó-Herrero, M. Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico. Universidad de Valencia. Departamento de Recursos Naturales. Tesis Doctoral. ISBN:84-370-6008-7. 185p. 2004.
 12. Ruiz, G. (2005). Nitrogen availability for corn in soils amended with urea, cattle slurry, and solid and composted manures. *Canadian Journal of Soil Science* 73:253-266.
 13. Smith, K.A.; Frost, J.P. (2000). Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 1: cattle and sheep. *Bioresource Technology* 71:173-181. 2000.
 14. Sylvester-Bradley, R. (1993). Scope for more efficient use of fertilizer nitrogen. *Soil Use and Management* 9:112-117. 1993.
 15. Valenzuela, M.; Weigel, A.; Schulz, E. (1994). Turnover of soil organic matter (SOM) and longterm balances –tools for evaluating sustainable productivity of soils. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*, 161: 409-424.
 16. Zinck, J.A., 1990. Soil Survey: epistemology of a vital discipline. *ITC Journal* 1990-4: 335-351.
 17. Zinck, J.A. (2005). *Estadística en la Producción de arroz (en línea)*. Disponible en: www.infoagro.com (último acceso: 27 de 09 de 2015). 2014.

18. Zinck, J.A. (1994) Los residuos orgánicos utilizables en Agricultura: Origen, composición y características. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. (Boixadera, J. y Teira, M.R,Eds.) Universitat de Lleida. 180p. 2001.
19. Li, Q.; Lee Allen, H.; Wollum II, A. G. Microbial biomass and bacterial functional diversity in forest soils: effects of organic matter removal, compaction, and vegetation control. Soil Biol. Biochem. 36, 571-579. 2004.