



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Unidad de Integración Curricular

“Propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de los suelos del campus La
María, Mocache 2019”.

Autor:

Geovanny Fernando Litardo Peña

Auspicio Académico:

Ing. Diana Verónica Véliz Zamora M.Sc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2019

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

La suscrita, **Ing. Diana Verónica Véliz Zamora** M.Sc. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Geovanny Fernando Litardo Peña**, realizó la Unidad de Integración Curricular: **“PROPIEDADES QUÍMICAS (N, P, K), pH y CE DE LOS SUELOS DEL CAMPUS LA MARÍA, MOCACHE 2019”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Ing. Diana Verónica Véliz Zamora. M.Sc.

DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

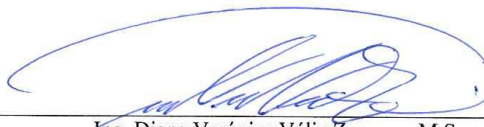
**CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE
PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO
ACADÉMICO**

Ing. Diana Verónica Véliz Zamora, docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias y como directora certifico que la unidad de integración curricular del estudiante Geovanny Fernando Litardo Peña, titulada: : **“PROPIEDADES QUÍMICAS (N, P, K), pH y CE DE LOS SUELOS DEL CAMPUS LA MARÍA, MOCACHE 2019”**, fue ingresado a la herramienta informática URKUND producto del análisis se obtuvo una similitud de un 2%, lo cual está considerado dentro de los parámetros aceptables que establecen el reglamento e instructivos de la unidad de integración curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	Propiedades químicas Litardo2019.docx (D58464020)
Submitted:	07/11/2019 22:23:00
Submitted By:	geovanny.litardo2014@uteq.edu.ec
Significance:	2 %

A blue ink signature of Ing. Diana Verónica Véliz Zamora, written over a horizontal line.

Ing. Diana Verónica Véliz Zamora. M.Sc.

DIRECTORA DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título:

**“PROPIEDADES QUÍMICAS (N, P, K), pH y CE DE LOS SUELOS DEL
CAMPUS LA MARÍA, MOCACHE 2019”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:


PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Camilo Mestanza Uquillas


MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Gregorio Vásquez Montúfar


MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Emma Torres Navarrete

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador
2019**

v

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos:

Principalmente a Dios, porque con el todo es posible, él sabe el camino que he recorrido durante el transcurso de la carrera, gracias por todas las bendiciones que me sirvieron como guía para alcanzar mis metas.

A mis padres por contar con su apoyo y amor incondicional, a pesar desde hace tres años querido padre no estas con nosotros, pero siempre te llevo en el corazón porque gracias a eso nunca desistí para culminar mis estudios, es mi motivación y mi orgullo más grande que puedo entregar. A mi familia por contar con su apoyo y cariño incondicional, impulsándome principalmente a concluir con mis estudios, gracias por todos sus consejos, son el motor principal de mi vida.

A la Ing. Diana Verónica Véliz Zamora MSc. Directora de la Unidad de Integración Curricular, a la Ing. Emma Torres y al Dr. Gregorio Vásconez Montúfar, por su soporte y colaboración científica en este trabajo de investigación.

A su vez expresó mis más sinceros agradecimientos al cuerpo de docentes de la FCP-UTEQ, por haber impartido los conocimientos científicos necesarios para la culminación de nuestra carrera profesional de Ingeniero Agropecuario.

A Oscar Mendoza, José Santana amigos a quienes le debo mucho porque ofrecieron su apoyo incondicional durante la carrera. Además, mis compañeros que me acompañaron durante este tiempo donde se construyó una gran amistad dentro y fuera de las aulas de clases: Melanie Casanova, Adriana Quevedo, Nelly Zambrano, Ginger Pacheco, Génesis Castro, José Candelario, Jair Calvache, Byron Merchan, Frank Castellano, Adonis Pérez, Luis Juárez.

A las Srtas. Mónica Castillo Burneo, Yuliana Quintana Franco, y al Sr. Andrés Albán León por su ayuda y colaboración en la fase de laboratorio y en el desarrollo del proyecto de investigación, muy agradecido por su ayuda.

GEOVANNY LITARDO PEÑA

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, porque tú eres el que me bendice, me acompañaste en todo momento, en ti puse toda mi fe y por eso se dio.

A mi familia que es mi motor para seguir adelante, por todo el esfuerzo, dedicación y los más importante el amor que siempre recibí, donde me han sabido guiar por buen camino por sus grandes consejos.

Este proyecto está dedicado a cada una de las personas que estuvieron conmigo para ofrecerme sus consejos incondicionales y platicarme sus experiencias para ayudarme a cumplir mi meta.

A los docentes por las experiencias y sus conocimientos transmitidos de sus enseñanzas, inculcarme sus conocimientos utiles en el desarrollo estudiantil, laboral y profesional.

A mis amigos/as por su compañía durante esta etapa Universitaria, logrando compartir recuerdos y experiencias.

RESUMEN

El proyecto de Investigación se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo del campus “La María”, localizada en el kilómetro 7 ½ de la Vía Quevedo- El Empalme de la provincia de Los Ríos. Con el objetivo de estudiar las propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de la capa cultivable de los suelos del campus “La María”. Para conocer en que qué estado se encuentra actualmente la capa cultivable, conocer sus condiciones y la influencia que presenta en cada lugar de uso agrícola que podría provocar cambios en la estructura del suelo. Los objetivos específicos fueron: Analizar el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K). Identificar el contenido de pH. Conocer la conductividad eléctrica de la capa cultivable a través de los distintos sitios del Campus “La María”. Se consideró 2 fases con duración de 3 meses, entre la recolección y preparación de las muestras, la fase de laboratorio donde se emplearon metodologías de las diferentes variables. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 20 tratamientos y 3 repeticiones en el horizonte O. Los resultados fueron analizados en el programa estadístico InfoStat, y sometidos a la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. El promedio de NH_4 fue de 28,04 ppm la escala se clasifica en un porcentaje bajo de nitrógeno; mientras que el promedio en el contenido de fósforo fue de 24,39 ppm P, que se clasifica como alto contenido de fósforo; además el contenido de potasio en el suelo se encuentra en contenidos muy altos con promedios de 484,19 ppm K. Los contenidos de pH (H_2O y CaCl_2), presentaron promedios de 6,58 y 5,78 que corresponde a la clasificación de pH neutro y medianamente ácido respectivamente. Mientras en la conductividad eléctrica, obtuvo 75,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la capa cultivable del Campus “La María”.

Palabras claves: Recolección, Laboratorio, Cultivos, Contenido, Suelo.

ABSTRACT

The research project was carried out at the State Technical University of Quevedo of the "La María" campus, located at kilometer 7 1/2 of the Vía Quevedo- El Empalme in the province of Los Ríos. The objective is to study the chemical properties (N, P, K), pH and CE of the arable layer of the soils of the campus "La Maria". To know in what state the arable layer is currently located, know its conditions and the influence it presents in each place of agricultural use that could cause changes in the structure of the soil. Specific objectives were: Analyze the content of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K). Identify pH content. Know the electrical conductivity of the cultivable layer through the different sites of the Campus "La María". This research considered 2 phases with a duration of 3 months, between the collection and preparation of the samples, and the laboratory phase where methodologies were used in the determination, of the different variables. A Completely Random Design (DCA) was employed with 20 treatments and three repetitions on the O horizon. The results were analyzed in the InfoStat statistical program, and subjected to Tukey's test at 95% probability. The average NH_4 was 28.04 ppm by scale is classified as a low percentage of nitrogen; while the average phosphorus content was 24.39 ppm P, which is classified as high phosphorus content; In addition the potassium content in the soil is found in very high content with averages of 484.19 ppm K. The pH content (H_2O and CaCl_2) averaged 6.58 and 5.78 corresponding to the neutral and medium acid pH classification respectively. While in electrical conductivity, he got 75.78 s/cm on the horizon O of the Campus "La María".

Keywords: Collection, Laboratory, Crops, Content, Soil.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ---- ¡Error! Marcador no definido.	
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE L UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR ----- ¡Error! Marcador no definido.	
AGRADECIMIENTO -----	v
DEDICATORIA -----	vi
RESUMEN -----	vii
ABSTRACT-----	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES -----	xiii
CÓDIGO DUBLIN -----	xvii
I. INTRODUCCIÓN.-----	1
CAPÍTULO I -----	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN-----	1
1.1. Problema de la investigación.-----	4
1.1.1. Planteamiento del problema.-----	4
1.1.2. Formulación del problema.-----	5
1.1.3. Situación del problema.-----	5
1.2. Objetivos.-----	5
1.3. Justificación.-----	6
CAPÍTULO II -----	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN-----	4
2.1. Marco Conceptual.-----	8
2.2. Marco Referencial.-----	9

2.3.	Suelo.-----	9
2.3.1.	Los factores de formación del suelo.-----	9
2.3.1.1.	El clima.-----	9
2.3.1.2.	Biota.-----	10
2.3.1.3.	El relieve.-----	10
2.3.1.4.	La roca madre.-----	10
2.3.1.5.	Tiempo.-----	10
2.4.	El suelo como fuente de nutrimentos.-----	11
2.5.	Importancia del suelo.-----	11
2.6.	Componentes del suelo.-----	12
2.7.	Perfil del suelo.-----	12
2.8.	Los Horizontes.-----	12
2.9.	Los elementos esenciales.-----	13
2.10.	Los macronutrientes.-----	13
2.11.	Nitrógeno (N).-----	14
2.11.1.	Dinámica del nitrógeno.-----	14
2.11.2.	Ciclo de nitrógeno.-----	15
2.12.	Fósforo (P).-----	17
2.12.1.	Concentración del fósforo en el suelo.-----	18
2.12.2.	Dinámica del fósforo-----	18
2.12.3.	Ciclo del fósforo-----	19
2.13.	Potasio (K).-----	21
2.13.1.	Dinámica del potasio.-----	21
2.13.2.	Ciclo de potasio.-----	22
2.13.3.	Relación N/K.-----	23
2.14.	pH.-----	23
2.14.1.	La acidez del suelo-----	24
2.15.	Conductividad Eléctrica de los suelos.-----	25
2.15.1.	¿Para qué sirve conocer la CE en los suelos?-----	27
2.16.	La fertilidad del suelo.-----	27

2.16.1.	La fertilización del suelo.-----	27
2.17.	Análisis químico de suelos.-----	27
CAPÍTULO III-----		30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN-----		30
3.1.	Localización del experimento.-----	30
3.1.1.	Características agro-climatológicas del lugar experimental. -----	30
3.2.	Tipo de investigación. -----	31
3.2.1.	De campo.-----	31
3.3.	Método de la investigación.-----	31
3.3.1.	Método de observación.-----	31
3.3.2.	Método comparativo.-----	31
3.3.3.	Método analítico. -----	31
3.4.	Fuentes de recopilación de información.-----	32
3.5.	Diseño de la investigación.-----	32
3.5.1.	Modelo matemático.-----	33
3.5.2.	Análisis estadístico. -----	33
3.6.	Descripción de los tratamientos.-----	34
3.7.	Instrumentos de investigación. -----	35
3.8.	Mapa georreferenciación de los suelos de uso agropecuario de la Finca Experimental “La María” del Cantón Mocache. -----	36
3.9.	Variables a evaluar en la investigación. -----	37
3.9.1.	Contenido de nitrógeno (N). -----	37
3.9.2.	Contenido de fósforo (P).-----	37
3.9.3.	Contenido de potasio (K). -----	38
3.9.4.	pH. -----	38
3.9.5.	Conductividad eléctrica (CE). -----	38
3.10.	Tratamientos de los datos. -----	38
3.11.	Recursos humanos y materiales.-----	39
3.11.1.	Recursos humanos. -----	39

3.11.2.	Recursos materiales en la investigación. -----	39
3.11.2.1.	Materiales de campo. -----	39
3.11.2.2.	Materiales de laboratorio. -----	39
3.11.2.3.	Reactivos de laboratorio. -----	40
CAPÍTULO IV -----		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----		41
4.1.	Análisis del contenido de N, P, K en el suelo. -----	42
4.2.	Análisis del contenido de pH (H ₂ O – CaCl ₂) y conductividad eléctrica. -----	48
4.2.2.	Conductividad eléctrica. -----	51
4.3.1.	Contenido de N, P, K en los cultivos perennes. -----	53
4.3.2.	Contenido de pH y conductividad eléctrica. -----	55
4.3.3.	Contenido de N, P, K en los cultivos anuales. -----	56
4.3.4.	Contenido de pH y conductividad eléctrica en los cultivos anuales. -----	56
4.3.5.	Contenido de N, P, K en las gramíneas. -----	58
4.3.6.	Contenido de pH y conductividad eléctrica en las gramíneas. -----	58
CAPÍTULO V -----		61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----		61
5.1.	Conclusiones. -----	62
5.2.	Recomendaciones. -----	62
CAPÍTULO VI -----		64
BIBLIOGRAFÍA -----		64
CAPÍTULO VII -----		72
ANEXOS -----		72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustraciones</i>	<i>Pág.</i>
1 Esquema de la formación del suelo.....	11
2 Horizontes del suelo.....	13
3 Relaciones entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales.....	17
4 Relaciones entre el ciclo del fósforo y los compartimentos orgánicos y minerales.....	20
5 Relaciones entre el ciclo del Potasio y los compartimentos orgánicos y minerales.....	23
6 Disponibilidad de nutrientes en función del pH.....	25
7 Mapa del Campus “La María”.....	30
8 Mapa del Campus “La María”- Rcto. San Felipe.....	30
9 Mapa georreferenciado de los diferentes tratamientos establecidos en el Campus “La María”.....	36
10 Promedios de nitrógeno total (NH_4^+), fósforo (P) y potasio (K) del horizonte O de los suelos del Campus "La María", 2019.....	45
11 Variación de potencial de Hidrogeno ($\text{pH H}_2\text{O}$ - pH CaCl) y $\text{pH H}_2\text{O}$, en suelos del horizonte O en cultivos gramíneas, Campus "La María", 2019.....	47
12 Variación de potencial de Hidrogeno ($\text{pH H}_2\text{O}$ - pH CaCl) y $\text{pH H}_2\text{O}$, en suelos del horizonte O en cultivos anules, Campus "La María", 2019.....	47
13 Variación de potencial de Hidrogeno ($\text{pH H}_2\text{O}$ - pH CaCl) y $\text{pH H}_2\text{O}$, en suelos del horizonte O en cultivos perennes, Campus "La María", 2019.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1 Características agro meteorológicas del Campus “La María” UTEQ-Mocache	30
2 Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA..	32
3 Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA..	33
4 Descripción de los tratamientos, coordenadas, cultivo establecido, metros sobre nivel del mar.....	34
5 Promedios de Nitrógeno total (NH_4^+), Fósforo (P) y Potasio (K) del horizonte O de los suelos del Campus "La María", 2019.....	44
6 Promedios de pH en agua (H_2O), pH en cloruro de calcio (CaCl_2) y conductividad eléctrica (CE) según los usos agrícolas del suelo en la capa cultivable del Campus "La María", 2019.....	50
7 Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos perennes NH_4^+ , P-Olsen y K.....	53
8 Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos perennes en pH H_2O y conductividad eléctrica.....	54
9 Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos anuales NH_4^+ , P-Olsen y K.....	55
10 Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos anuales en pH H_2O y conductividad eléctrica.....	55
11 Tabla de los nutrientes y requerimientos de las gramíneas NH_4^+ , P-Olsen y K.....	56
12 Tabla de los nutrientes y requerimientos de las gramíneas en pH H_2O y conductividad eléctrica.....	57
13 Cuadro de análisis de la varianza del contenido de Nitrógeno (NH_4^+) en la capa cultivable de los suelos del Campus "La María".....	72
14 Cuadro de análisis de la varianza del contenido de Fósforo (P) en la capa cultivable de los suelos del Campus "La María".....	72
15 Cuadro de análisis de la varianza del contenido de Potasio (K) en la capa cultivable de los suelos del Campus "La María".....	72

16	Cuadro de análisis de la varianza del contenido de pH en Agua (pH H ₂ O) de los suelos del Campus "La María"	72
17	Cuadro de análisis de la varianza del contenido de pH en Agua (pH CaCl) en la capa cultivable de los suelos del Campus "La María"	72
18	Cuadro de análisis de la varianza de la Conductividad Eléctrica (CE) en la capa cultivable de los suelos del Campus "La María"	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
Anexo 1. Método de análisis químicos en muestras de suelo.	73
Anexo 2. Cuadro de resúmenes de análisis de la varianza de las variables en estudio, desde la tabla 7 hasta la tabla 12.....	76
Anexo 3. Actividades desarrolladas en la investigación.	78
Anexo 5. Colocar solución.	78
Anexo 4. Llenado de muestras.	78
Anexo 6. Colocar papel filtro.	78
Anexo 7. Colocar reactivo.	78
Anexo 8. Análisis de muestra en equipo.	78
Anexo 9. Análisis de muestra en el espectrofotómetro.	78
Anexo 10. Análisis de muestras.	78
Anexo 11. Equipo de trabajo del laboratorio AgroLab.	78
Anexo 12. Muestras pesadas y etiquetadas	79
Anexo 13. Solución Olsen	79
Anexo 14. Mettler Toledo	79
Anexo 15. Medidor de nitrógeno.....	79
Anexo 16. Conductivímetro	79
Anexo 17. Medición de potasio.....	79
Anexo 18. Filtrado de muestras.....	79
Anexo 19. Reactivos para medir el contenido de nitrógeno y fósforo.	79
Anexo 20. Reactivo para análisis nitrógeno.	80
Anexo 21. Reactivo para análisis nitrógeno y fósforo.....	80
Anexo 22. Reactivo para análisis nitrógeno.	80
Anexo 23. Reactivo para análisis nitrógeno.	80

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de los suelos del Campus La María, Mocache 2019”.				
Autor:	Geovanny Fernando Litardo Peña.				
Palabras claves:	Recolección	Laboratorio	Cultivos	Contenido	Suelo
Fecha de publicación:					
Editorial:	UTEQ, 2019				
Resumen:	El proyecto de Investigación se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo del campus “La María”, localizada en el kilómetro 7 ½ de la Vía Quevedo- El Empalme de la provincia de Los Ríos. El objetivo estudiar las propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de la capa cultivable de los suelos del campus “La María”. Para conocer en que qué estado se encuentra actualmente la capa cultivable, conocer sus condiciones y la influencia que presenta en cada lugar de uso agrícola que podría provocar cambios en la estructura del suelo. Los objetivos específicos fueron: Analizar el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K). Identificar el contenido de pH. Conocer la conductividad eléctrica de la capa cultivable a través de los distintos sitios del Campus “La María”. En esta investigación se consideró 2 fases con una duración de 3 meses, entre la recolección y preparación de las muestras, y la fase de laboratorio en donde se emplearon metodologías en la determinación, de las diferentes variables. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 20 tratamientos y tres repeticiones en el horizonte O. Los resultados fueron analizados en el programa estadístico InfoStat, y sometidos a la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. El sitio de uso agrícola quinua (T5) mostró valores de NH₄ 36,66 ppm; el (T10) y (T7) que corresponden a los cultivos de guanábana y cítricos con valores de 76,40 y 71,37 ppm P; en el cultivo de quinua (T5) presentó valores de 807,3 ppm K. EL suelo de uso agrícola				

	pasto saboya, banano, pasto braquiaria (Especie menores), (T16), (T8) y (T15) con contenido en pH H₂O de (7,07), (7,00) y (6,90); además en pH CaCl₂ presentaron valores de (6,10) (T15) que corresponde al pasto braquiaria (Especie menores). Mientras en la conductividad eléctrica el sitio de uso agrícola para ciclo corto (T6), obtuvo 185,6 µs/cm en la capa cultivable del campus "La María".
Abstract:	The research project was carried out at the State Technical University of Quevedo of the "La María" campus, located at kilometer 7 1/2 of the Vía Quevedo- El Empalme in the province of Los Ríos. The objective is to study the chemical properties (N, P, K), pH and CE of the arable layer of the soils of the campus "La Maria". To know in what state the arable layer is currently located, know its conditions and the influence it presents in each place of agricultural use that could cause changes in the structure of the soil. Specific objectives were: Analyze the content of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K). Identify pH content. Know the electrical conductivity of the cultivable layer through the different sites of the Campus "La María". This research considered 2 phases with a duration of 3 months, between the collection and preparation of the samples, and the laboratory phase where methodologies were used in the determination, of the different variables. A Completely Random Design (DCA) was employed with 20 treatments and three repetitions on the O horizon. The results were analyzed in the InfoStat statistical program, and subjected to Tukey's test at 95% probability. The average NH₄ was 28.04 ppm by scale is classified as a low percentage of nitrogen; while the average phosphorus content was 24.39 ppm P, which is classified as high phosphorus content; In addition the potassium content in the soil is found in very high content with averages of 484.19 ppm K. The pH content (H₂O and CaCl₂) averaged 6.58 and 5.78 corresponding to the neutral and medium acid pH classification respectively. While in electrical conductivity, he got 75.78 s/cm on the horizon O of the Campus "La María". Keywords: Collection, Laboratory, Crops, Content, Soil.
Descripción:	
URI:	

--	--

I. INTRODUCCIÓN.

El suelo un recurso natural no renovable tiene una regeneración es muy lenta, siendo sometido constantemente a los procesos de destrucción y degradación. Es un elemento fundamental para la agricultura por proveer de agua y nutrientes a los cultivos; además, interviene en los ciclos del agua, carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos de interés(1).

El suelo es donde se desarrollan las plantas, está compuesto por una mezcla de minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire que estas necesitan para su crecimiento y desarrollo. Además, la combinación de todos estos permitió descomponer la roca madre en pequeñas partículas finas permitiendo la formación de una capa que es el sustento de la vida de las plantas.

Los elementos esenciales para las plantas son 17 incluyendo O, H y C provenientes de H₂O, CO₂ y aire, los demás corresponden a los nutrientes minerales, los cuales, según la cantidad absorbida por la planta, se clasifican en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, los cuales se encuentran en el tejido de las plantas en concentraciones superiores a 0,1%, con base en la masa seca. Con estos elementos y la luz del sol, las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan (2).

Por lo tanto, los macronutrientes son elementos muy necesarios para el desarrollo vegetativo de la planta para que puedan desarrollar su ciclo de vida, ya que son elementos abundantes y están disponible en el suelo en grandes cantidades, es decir, sí se encuentran en cantidades suficientes y una adecuada disponibilidad hace que exista un correcto desarrollo de las plantas.

Estos horizontes orgánicos podemos encontrarlos en el estrato superficial o a cualquier profundidad debajo de la superficie de los suelos minerales, pero siempre tienen el mismo origen: la deposición en la superficie de los residuos orgánicos de plantas y animales, que luego se van profundizando. Se apoyan siempre sobre el horizonte A1 de suelos no arados o laboreados (3).

La capa cultivable o también llamadas la capa arable está caracterizada por el material orgánico que es objeto de la descomposición parcial o total de residuos vegetales, que se han acumulado sobre la superficie en un tiempo determinado. Además, la materia orgánica en el suelo es la parte esencial ya que se encuentran inmersos varios procesos como son los físicos, químicos y biológicos

La investigación se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el campus “La María” determinó las propiedades químicas (N, P, K, pH, Conductividad Eléctrica) de la capa cultivable de los suelos de la finca, este trabajo permitirá tomar muestras de los 20 lugares sometidos a estudio, para poder determinar la cantidad de macronutrientes y conocer los niveles de pH existentes en cada lugar evaluado para obtener información sobre cada área en estudio de la finca.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

En el campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, uno de los problemas que afecta al campo agrícola y pecuario es la erosión, esto conlleva a la pérdida de fertilidad de los suelos. Los residuos de cosecha se han incorporado a los suelos para aumentar la biodiversidad de los mismos. Pero esta práctica no es realizada de forma adecuada, porque no se toma en cuenta las características de los suelos, lo que origina salinización, lixiviación, escurrimiento de nutrientes y microorganismos esenciales, esto además afecta directamente al crecimiento, desarrollo y adaptabilidad de los cultivos.

- **Diagnóstico.**

La erosión de los suelos y la pérdida de fertilidad del mismo afectan los suelos del campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, son problemas que afectan directamente al desarrollo fisiológico y productivo de los cultivos, siendo esto el punto de partida para realizar un estudio de la composición química del suelo de la finca para determinar su estado de composición nutricional.

- **Pronóstico.**

En los actuales momentos se cultiva sin previo análisis cualitativo y cuantitativo de los macro elementos y niveles de pH existentes en el suelo el cual puede perjudicar a los cultivos de los proyectos de investigación y los demás programas didácticos que son objeto de estudio.

Las diferentes características químicas presentes en el suelo de finca experimental “La María” son desconocidas por los estudiantes, docentes, personal administrativo y personal de campo, que desarrollan actividades agrícolas y pecuarias, las cuales podrían causar desgaste acelerado de los minerales, compactación y pérdida de la flora y fauna del suelo, siendo necesario un estudio de las características químicas del suelo.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Se podría un modelo de información sobre las propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de la capa cultivable de los suelos del Campus “La María” que sirva para el adecuado uso y manejo agrícola y pecuario?

1.1.3. Situación del problema.

¿Cuáles sería el contenido de (N, P, K), de la capa cultivable de los suelos del Campus “La María”?

¿Cuál es el nivel de pH (Alcalinidad y Acidez), de la capa cultivable de los suelos del Campus “La María”?

¿Cuáles sería la Conductividad Eléctrica del suelo del Campus “La María”?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Estudiar las propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de la capa cultivable de los suelos del campus “La María”.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Analizar el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) de la capa cultivable de los distintos sitios del Campus “La María”.
- Identificar el contenido de pH de la capa cultivable de los distintos sitios del Campus “La María”.

- Conocer la conductividad eléctrica de la capa cultivable de los distintos sitios del Campus “La María”.

1.3. Justificación.

La presente investigación se plantea estudiar las propiedades químicas existentes en el suelo de los diferentes lugares cultivados del campus “La María”. Donde se analizarán los macro elementos que están en el suelo específicamente en la capa cultivable. Al ser una finca experimental cuenta con una gran superficie ya sean estas agrícolas, pecuarias y forestal, por lo tanto, es necesario el estudio porque al momento existe una escasa información al respecto, que ayude a las diferentes actividades que se efectúan en el Campus “La María”.

La importancia de la investigación reside en el estudio de la capa cultivable que posee la finca y en qué estado se encuentra actualmente, conocer sus condiciones y la influencia que presenta en cada lugar que podría provocar cambios en la estructura del suelo. Un análisis químico permitirá evaluar la finca sujeta a estudio, con el fin saber lugares que estén aptas para el uso agropecuario.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

El suelo

El suelo es un medio complejo, caracterizado por una atmósfera interna, una economía particular del agua, flora y fauna determinadas y unos elementos minerales (4). Los suelos se pueden definir como “la capa superior de la superficie terrestre donde materiales geológicos, llamados por los científicos del suelo como materiales matrices, han sufrido cambios bajo la influencia del medio ambiente del sitio pertinente” (4). Los Suelos se definen por la combinación vertical de horizontes que ocurren dentro de una profundidad definida, y por la organización lateral ("secuencia") de horizontes de suelo, o por su ausencia, a escala que refleje el relieve o una unidad de tierra (5).

Horizonte

Es una capa o estrato de suelo aproximadamente paralela a la superficie del mismo, con propiedades especiales producidas durante la formación del suelo y que lo distinguen de otras capas adyacentes (3). Las capas, también llamadas horizontes, muestran todo lo que interviene en la configuración de un suelo, desde la descomposición de las rocas al aumento de la materia orgánica. El horizonte 0, capa de humus: depósitos de material vegetal (6).

Análisis de suelos.

El uso del análisis de suelos como herramienta para el diagnóstico de la fertilidad del suelo se debe basar en primera instancia en un muestreo adecuado en función del tipo de especie a cultivar y representativo de las condiciones del suelo. En el laboratorio se debe disponer de metodologías analíticas confiables seleccionadas para cumplir propósitos específicos a la luz del conocimiento actual y calibradas adecuadamente (7).

Propiedades químicas.

Son características del suelo que describen el comportamiento de los elementos, sustancias y componentes que lo integran como materia orgánica, nutrientes y también algunas sustancias que lo perjudican. Las más importantes son la Acidez y Capacidad de Intercambio de elementos (6).

2.2. Marco Referencial.

2.3. Suelo.

El suelo es un recurso no renovable sobre el cual se desarrolla prácticamente la totalidad de la producción agrícola y ganadera. Los suelos agrícolas generalmente presentan deficiencias físicas y químicas, y los análisis de suelo son una herramienta importante en el diagnóstico de fertilidad y evaluación de uso de los mismos (8). El suelo es un cuerpo natural que se encuentra en la superficie de la tierra y que puede variar en profundidad; también es un medio que permite el desarrollo de plantas ya sea que tenga o no horizontes discernibles.

Es, además, un recurso complejo que puede presentar muchas variantes dependiendo de la región geográfica. Su importancia se debe a que, el ser humano puede cultivar y crecer sus alimentos básicos en él. Por lo que es necesario contar con estudios de suelos actualizados, a fin de obtener información que sirva de base para la conservación, preservación y su aprovechamiento sustentable (9).

2.3.1. Los factores de formación del suelo.

Los científicos de la ciencia del suelo clasifican a los cinco factores de formación del suelo como: factores activos y factores pasivos. El clima y la biota se identifican como los factores activos de la formación del suelo, debido a que su influencia sobre el desarrollo del suelo puede observarse directamente, como se detalla en la ilustración 1; Por ejemplo: lluvia, altas y bajas temperaturas, viento, microorganismos (algas y hongos), lombrices de tierra y animales excavadores. Por otra parte, los factores pasivos son el tiempo, la topografía y el material parental, porque sus efectos no se observan directamente (10).

2.3.1.1.El clima. El clima es uno de los factores que influyen de manera directa sobre la formación del suelo, pues condiciona la velocidad de meteorización de la roca madre. Los elementos más importantes del clima en la formación de suelo son la temperatura y la precipitación. Estos dos parámetros del clima afectan la tasa de meteorización química y el crecimiento de las poblaciones de organismos, así como la velocidad de descomposición de la materia orgánica (10).

2.3.1.2.Biota. La biota está representada por los organismos vivos. Por su actividad biológica, los organismos que integran la fauna del suelo tienen un rol fundamental en la fragmentación, transformación y translocación de materiales orgánicos del suelo (10).

2.3.1.3.El relieve. La forma de la superficie de la tierra desempeña un papel fundamental en la formación del suelo. El relieve influye en la distribución del agua recibida por medio de la precipitación, por lo que afecta directamente el proceso de la erosión hídrica. Como regla general, las superficies elevadas con relieves inclinados o convexos pierden más agua por escorrentía, arrastrando sedimentos, por lo que los suelos son más someros. En cambio, las superficies más bajas que son cóncavas o depresivos reciben agua extra y sedimentos, por lo que el desarrollo de los suelos es más profundo (10).

2.3.1.4.La roca madre. Los suelos se derivan principalmente de las rocas, por lo que se le denomina material parental. Estos materiales definen en gran parte el color, la composición, la textura y la estructura de los suelos. Sin embargo, un mismo tipo de roca puede dar lugar a suelos con distintas características, dependiendo las condiciones del medio en el que evolucione (10).

2.3.1.5.Tiempo. La formación del suelo es un proceso constante que involucra la interacción entre el material parental, la biota, el clima, el relieve y el tiempo. El suelo es un recurso no renovable a corto plazo, debido a que para la formación de 1 cm de suelo tienen que pasar cientos o miles de años (10).

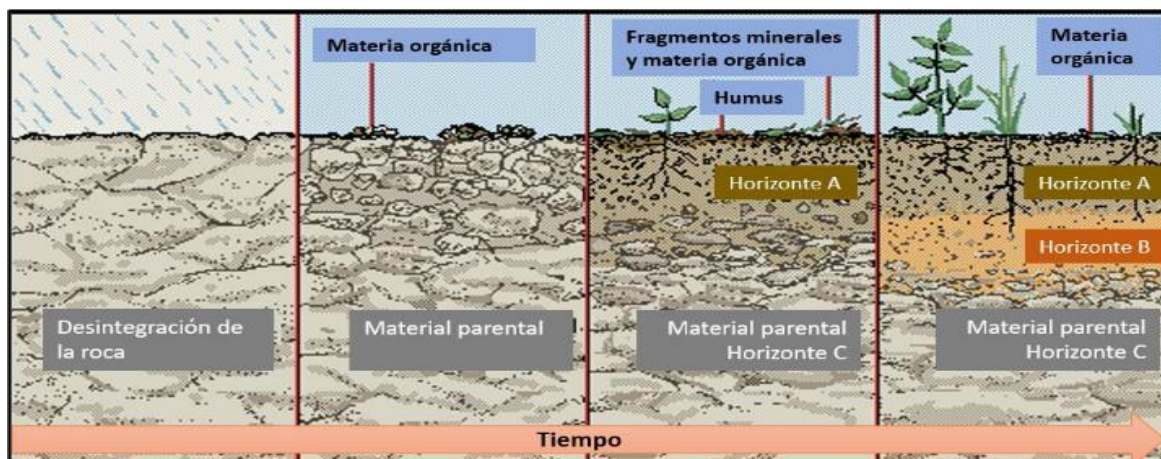


Ilustración 1. Esquema de la formación del suelo.

Fuente: (10).

2.4. El suelo como fuente de nutrimentos.

Los distintos constituyentes del suelo son fuente importante de nutrimentos para los organismos y de ellos depende la fertilidad edáfica de un ecosistema o campo agrícola. Sus componentes minerales y orgánicos proporcionan fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), azufre (S), nitrógeno (N) y carbono (C), entre otros, los cuales son necesarios para el crecimiento de las plantas y otros organismos como la fauna y microorganismos del suelo (11).

2.5. Importancia del suelo.

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. No obstante, lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (12).

2.6. Componentes del suelo.

El suelo es un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases, la fase sólida está formada por compuestos inorgánicos (mineral) y orgánicos (materia orgánica, MO) los cuales dejan un espacio de huecos entre ellos en donde se encuentran las fases sólida y gaseosa (13).

2.7. Perfil del suelo.

El perfil del suelo es una sección vertical del mismo, que permite observar el conjunto del suelo, desde la superficie hasta el material originario. Al observar un perfil, pueden distinguirse a simple vista capas que se denominan horizontes, y que se disponen aproximadamente paralelos a la superficie. Los horizontes del perfil se han desarrollado a lo largo del proceso de formación del suelo, y cada uno de ellos suele tener características y propiedades diferentes en un mismo suelo. Por eso es posible delimitarlos atendiendo a diferencias de color, textura, estructura, elementos gruesos, consistencia o compacidad. Cada suelo, según la naturaleza de sus componentes, los contenidos relativos de estos, y el modo en que se agregan sus partículas sólidas, presenta unas propiedades físicas, químicas y biológicas definidas (6).

2.8. Los Horizontes.

Los Horizontes del suelo son cuerpos pedológicos tridimensionales más o menos paralelos a la superficie de la tierra. Cada horizonte contiene una o más propiedades, que ocurre sobre una cierta profundidad, las que lo caracterizan. El espesor varía entre unos pocos centímetros y varios metros; lo más común es del orden de unos pocos decímetros. Los límites superior e inferior ("límites") son graduales, claros o abruptos. Lateralmente, la extensión de un horizonte del suelo varía mucho, desde un metro a varios kilómetros, como se representa en la ilustración 2. Sin embargo, un horizonte de suelo nunca es infinito. Lateralmente, desaparece o cambia en otro horizonte (5).

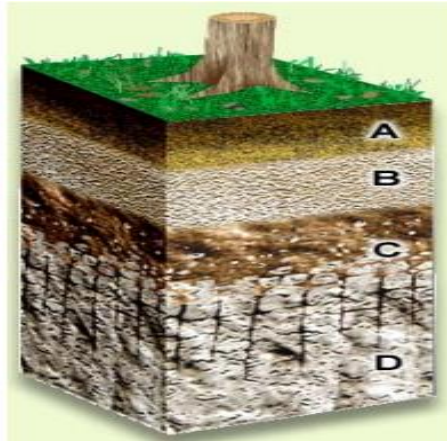


Ilustración 2. Horizontes del suelo.

Fuente: (5).

2.9. Los elementos esenciales.

Existen tres criterios por los cuales un elemento es considerado esencial para las plantas, estos son:

- Un elemento es esencial si una planta no puede completar su ciclo de vida en ausencia de tal elemento.
- Un elemento es esencial si la función de este elemento no puede ser reemplazado por otro elemento mineral.
- Un elemento es esencial si forma parte de cualquier molécula o constituyente de la planta, que es en sí mismo esencial para ésta, como por ejemplo el nitrógeno en las proteínas o el magnesio en la clorofila (2).

2.10. Los macronutrientes.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. Dentro del grupo

de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio (14).

2.11. Nitrógeno (N).

El nitrógeno (N) es considerado el nutriente más importante para la producción vegetal por los cultivos y la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas, es así que la agricultura de altos rendimientos depende del uso de fertilizantes nitrogenados. Las condiciones económicas del sector agropecuario tanto a nivel mundial como nacional y la necesidad de preservar el ambiente, básicamente los recursos suelo, agua y atmósfera, requieren del uso más eficiente de los nutrientes. Para maximizar la eficiencia de uso de N debemos conocer la dinámica del nutriente en el sistema suelo-planta-atmósfera y como el manejo de suelos y cultivos afecta esta dinámica (15).

La principal fuente de N se halla en la atmósfera como N_2 el cual representa aproximadamente 78% de la composición del aire. Las plantas no pueden absorber directamente el N_2 del aire y este debe ser fijado por microorganismos de vida libre o simbióticos. La fijación biológica de N_2 (FBN) resulta en la formación de compuestos orgánicos nitrogenados, los cuales ingresan directamente a la planta en el caso de las asociaciones simbióticas, o deben ser mineralizados para ser absorbidos por los cultivos. La FBN contribuye en cantidades variables al sistema suelo-planta dependiendo del tipo de organismo que la lleva a cabo, la planta asociada, y las condiciones de suelo y clima (15).

2.11.1. Dinámica del nitrógeno.

La dinámica de este elemento en la biosfera comprende principalmente la fijación de nitrógeno (N_2), la mineralización, la nitrificación, la desnitrificación y la oxidación anaeróbica del amonio Annamox, procesos mediados principalmente por microorganismos presentes en el suelo. El nitrógeno entra en la biosfera por fijación química y biológica del nitrógeno molecular (N_2) y se remueve de la misma por desnitrificación. Proponen que la determinación cuantitativa de los diferentes compartimientos orgánicos y minerales, está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y su susceptibilidad de alteración debido al manejo, sistemas de producción y procesos del suelo, donde estos compartimientos estén involucrados. Recientemente se ha propuesto que para interpretar los mecanismos y

proponer modelos de la dinámica del nitrógeno, es necesario tener en cuenta las diferentes fracciones orgánicas o compartimentos, considerando que la temperatura, el tamaño de partícula de los residuos, la agregación, el tipo de suelo, la humedad, el secado y molido, el anegamiento y la anaerobiosis y los efectos vegetales, también tienen efectos sobre la dinámica del nitrógeno (16).

2.11.2. Ciclo de nitrógeno.

- **Entradas**

Las entradas de N orgánico provienen de los residuos de corral, biosólidos, residuos de plantas y la fijación por organismos del suelo, como se observa en la ilustración 3. Las entradas de N inorgánico provienen de la aplicación de los fertilizantes comerciales y de las deposiciones hechas por las lluvias. La producción de los fertilizantes nitrogenados es también un proceso de fijación que convierte el N atmosférico a formas concentradas más solubles (17).

- **Transformaciones**

El N que entra en el suelo está sujeto a muchas transformaciones. La cantidad y tipo de reacciones son las mismas, sin importar si la fuente es orgánica o inorgánica. Sin embargo, la fuente determina que transformaciones son las que dominan. El N de las fuentes orgánicas pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo. Una parte de este N se convierte en N inorgánico a través del proceso llamado mineralización. El N inorgánico puede convertirse en N orgánico a través del proceso de inmovilización. Por esta razón, una porción del N aplicado, ya sea que provenga de fuentes orgánicas o inorgánicas, pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo, mientras que otra porción está presente como N inorgánico. La proporción relativa de cada uno depende de la fuente, de la composición del suelo y de las condiciones ambientales (17).

Existen dos formas principales de N inorgánico en el suelo: amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). El NH_4^+ tiene carga positiva y es retenido por las cargas negativas de las partículas coloidales del suelo (arcillas y humus) a través de reacciones de intercambio. Por estas

mismas reacciones de intercambio, el NH_4^+ puede también regresar a la solución del suelo. Una porción del NH_4^+ se convierte en NO_3^- con la mediación de bacterias del suelo en un proceso llamado nitrificación. El NH_4^+ puede también ser retenido entre las capas de ciertas arcillas del suelo (fijación de NH_4^+) de donde puede regresar a la solución dependiendo de las condiciones químicas del suelo. Debido a que está cargado negativamente, el NO_3^- se mueve libremente con el agua del suelo y no es retenido por las cargas negativas del suelo. El NH_4^+ y el NO_3^- son las únicas formas de N que pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas. Una vez dentro de las plantas, estas formas de N se convierten a formas orgánicas de N como las proteínas (17).

- **Salidas**

El N puede perderse en el suelo de varias maneras. Los cultivos remueven del campo el N acumulado en las partes cosechadas de las plantas. El N en la materia orgánica y el N fijado como NH_4^+ en las arcillas pueden perderse con la pérdida de suelo por erosión. El NH_4^+ y el NO_3^- en solución pueden perderse en el agua de escorrentía. El NO_3^- , debido a que no es retenido por los coloides del suelo, puede perderse hacia la tabla de aguas por lixiviación dependiendo de la profundidad de la tabla de aguas y la cantidad de evaporación y transpiración del suelo. En condiciones de suelo húmedo, el NO_3^- puede convertirse a formas gaseosas de N a través del proceso llamado desnitrificación. Estos gases regresan a la atmósfera. Una de estas formas gaseosas de N, el óxido nitroso (N_2O), es un gas invernadero. Finalmente, el NH_4^+ puede convertirse en gas amoníaco (NH_3) y regresar a la atmósfera mediante el proceso denominado volatilización (17).



Ilustración 3. Relaciones entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales.

Fuente: (17).

La productividad y dinámica de los ecosistemas terrestres está limitada a la disponibilidad de nutrientes. Para las plantas la disponibilidad de nitrógeno (N) es el principal limitante en la productividad de los cultivos, que junto con del fósforo (P) determinan el crecimiento vegetal. Para incrementar la disponibilidad de estos nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos, se introducen al suelo fertilizantes químicos, aunque su utilización es crítica para la producción de alimentos, hoy en día se ha convertido en una práctica costosa y que acarrea serias consecuencias ambientales (16).

2.12. Fósforo (P).

El fósforo (P) es un nutrimento esencial y factor limitante del crecimiento de las plantas en suelos con contenido bajo de este elemento y que pueden ser fertilizados con abonos fosfatados o estiércol animal. La cantidad total de P en la capa arable del suelo puede oscilar entre 200 y 5 000 mg kg^{-1} , pero sólo menos de 1 % está disponible para la planta. Procesos como la desorción, solubilización o mineralización permiten que la planta tenga formas aprovechables de P (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}), aunque son escasas en la mayoría de los suelos a

pesar del contenido alto de P total. El P es indispensable en el metabolismo de las plantas (18).

2.12.1. Concentración del fósforo en el suelo.

En la solución del suelo la concentración de P es 0.1 mg L^{-1} y la planta lo puede extraer directamente. El pH más favorable para la disponibilidad del P es menor que la neutralidad (pH 6 a 6.5). Los complejos solubles con iones fosfato y cationes di y trivalentes y los de P orgánico forman una parte abundante del P total en la solución del suelo (18).

Cuando la concentración de P es baja en la solución del suelo dominan las reacciones de adsorción y cuando es alta la precipitación puede tener lugar. La adsorción de P es una propiedad del suelo por las reacciones de superficie que ocurren con los constituyentes, como arcillas, sesquióxidos de hierro y aluminio, y calcita, y afecta su disponibilidad para las plantas. El fosfato adsorbido pasa a la solución del suelo por desorción donde está disponible para las plantas. Indicaron que el fosfato débilmente adsorbido sobre los coloides arcillosos es más asimilable por las plantas que el resto de las reservas edáficas. Además, la materia orgánica adsorbe fosfato y parece posible sólo cuando hay Al y Fe adsorbidos, por el mecanismo de intercambio de ligando del ion fosfato por los grupos OH⁻ (18).

La mayoría de los cultivos usan 1 a 5 mg P g⁻¹ de materia seca. Pero, 2 mg P g⁻¹ se considera como concentración crítica para 90 % del rendimiento máximo. Abajo de este valor crítico de P hay deficiencia, y arriba hay suficiencia del elemento. Factores de la planta y del suelo influyen en la absorción de P y la fuente de N del fertilizante es uno de ellos. La fertilización basada en NH₄⁺ ocasiona excreción excesiva de protones (H⁺) por las raíces, llamada acidez fisiológica, que favorece la disolución de fuentes poco solubles de P. Con fertilización basada en NO₃⁻ la planta excreta HCO₃ o OH⁻¹, que elevan el pH de la rizosfera. La acidez fisiológica es un mecanismo de la planta que mantiene la electroneutralidad de la interfase suelo-raíz como consecuencia del desbalance de la relación catión/anión absorbidos por las raíces (18).

2.12.2. Dinámica del fósforo

Este elemento proviene de las apatitas y depósitos de fosfato natural de donde es liberado a través de procesos de meteorización, lixiviación, erosión y extracción industrial como

fertilizante. El fosfato liberado paulatinamente de las apatitas lo absorben las plantas y la biomasa microbiana, luego se incorpora en la materia orgánica de los suelos y sedimentos, y nuevamente se deposita en formas minerales poco solubles. El fósforo inorgánico (P_i) se presenta generalmente fuertemente fijado en forma de fosfatos de Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} y Al^{3+} , especialmente en arcillas del grupo de las caolinitas y ocluido en los óxidos de hierro y aluminio. Incluso el P, aplicado como fertilizante en forma de superfosfato, puede fácilmente constituir compuestos inorgánicos inutilizables, debido a su inmovilización sobre la materia orgánica y arcillas (16).

2.12.3. Ciclo del fósforo

- **Entradas**

Como en el caso del N, el P puede añadirse al suelo con fuentes orgánicas o inorgánicas. Las fuentes orgánicas son las mismas que para el N, es decir residuos de corral, biosólidos y residuos de plantas. Las fuentes inorgánicas son los fertilizantes comerciales y los minerales primarios del suelo. Los minerales del suelo liberan P a través del proceso de meteorización. Al contrario del N, no existe fijación biológica de P y la contribución por deposición atmosférica es muy baja como se expresa en la ilustración 4.

- **Transformaciones**

La materia orgánica del suelo es tan importante para el P como lo es el N. Como con el N, la mineralización libera P inorgánico de las fuentes orgánicas del suelo. La inmovilización es el proceso inverso que convierte el P inorgánico a formas orgánicas. Sin importar si el P proviene de fuentes orgánicas o inorgánicas, una porción de este P existe en forma orgánica y otra en forma inorgánica en el suelo.

El P inorgánico en la solución del suelo está presente en dos formas diferentes: ortofosfato primario ($H_2PO_4^-$) y el ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}). Estas formas de P en la solución del suelo reaccionan fuertemente con la superficie de las arcillas (minerales secundarios) y otros compuestos. Ocurren dos reacciones primarias: adsorción y precipitación. En las reacciones de adsorción, el P es fuertemente retenido en la superficie de los minerales. En las reacciones de precipitación, el P puede reaccionar con otras especies químicas en

solución o con la superficie de los minerales, formando Salida Transformación Flujo del ciclo compuestos insolubles. Los dos tipos de reacciones dejan poco P en la solución del suelo. Una parte del P adsorbido y una parte del P precipitado, pueden re- solubilizarse y regresar a la solución del suelo a través de reacciones de de-adsorción. Las plantas pueden utilizar solamente el P en la solución del suelo. Una vez asimilados por las plantas, el HPO_4^{2-} y el H_2PO_4^- son convertidos a formas orgánicas, como la adenosina difosfato (ADP) y la adenosina trifosfato (ATP).

- **Salidas**

Existen varios sitios por donde el P puede perderse del suelo. El P se pierde del suelo cada vez que se saca del campo la cosecha de un cultivo. Debido a que el P está retenido fuertemente en la fase sólida del suelo, también puede perderse a través de la erosión. Además, el P en solución puede perderse por escorrentía. Existe cierta evidencia de que el P de los fertilizantes más solubles es más susceptible a estas pérdidas que otras fuentes menos solubles. La última salida de P del suelo es por de lixiviación en suelos que tienen superficies menos reactivas, por ejemplo, suelos muy arenosos en áreas de alta precipitación donde se han hecho aplicaciones muy altas de P. También existe evidencia que sugiere que las aplicaciones de residuos de corral producen un mayor moviendo de P a través del perfil del suelo que las formas inorgánicas de P (17).

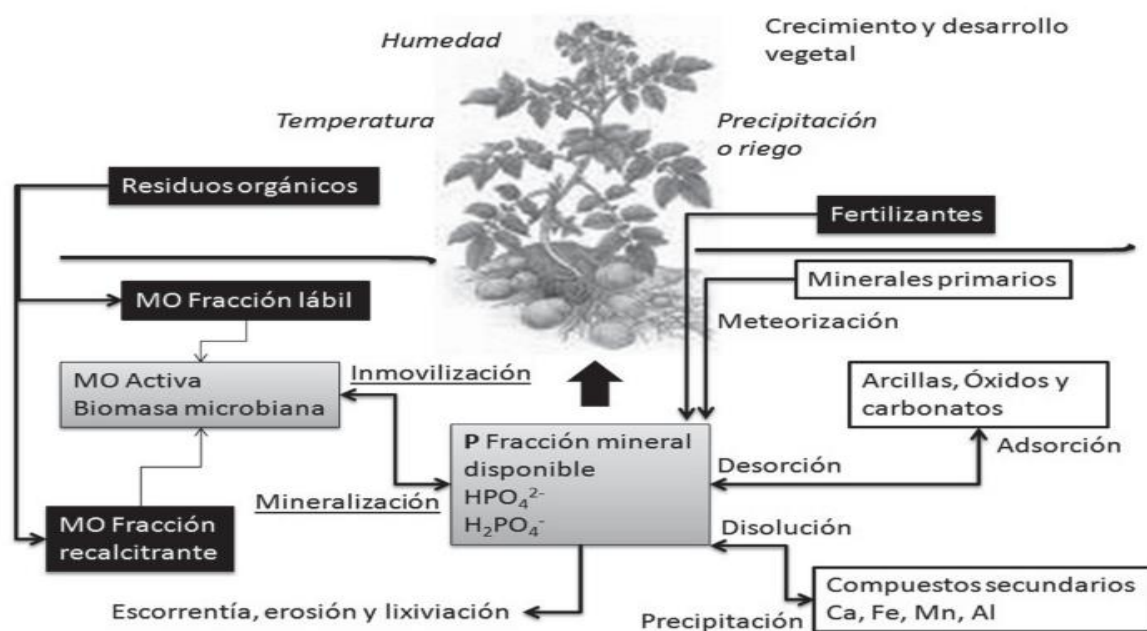


Ilustración 4. Relaciones entre el ciclo del fósforo y los compartimentos orgánicos y minerales.

Fuente: (17).

2.13. Potasio (K).

El potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades, siendo superado sólo por el N y, a veces por el Ca. Es el nutriente que menores problemas de disponibilidad presenta, ya que, en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable. A diferencia del fósforo (o del azufre y por extensión del nitrógeno), el potasio está presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente, K^+ . A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no ocasiona problemas ambientales cuando sale del sistema suelo (19).

2.13.1. Dinámica del potasio.

Con base en las diferencias en su biodisponibilidad, el K del suelo se divide en cuatro fracciones: soluble; intercambiable; no intercambiable, pero potencialmente disponible para las plantas; y la presente en la matriz mineral o estructural. El K_s corresponde al K presente como ion en la solución del suelo, la cual es la fase líquida del suelo que contiene solutos y es el medio de donde las plantas absorben los nutrientes; así, el K_s es la fracción que satisface las necesidades inmediatas de las plantas. El K_i , una fracción de reserva de respuesta rápida, está adsorbido en las arcillas, compensa las cargas negativas que resultan de las sustituciones isomórficas en la estructura de éstas o de las fracturas del cristal, y se encuentra en equilibrio con el K_s . Generalmente, esta fracción se extrae con $AcONH_4$ 1 N pH 7 (20).

La cantidad de K_i de un suelo se relaciona con la capacidad de intercambio de cationes y la mineralogía del suelo y los suelos con bajo contenido de arcilla, baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), ácidos y erosionados tienen valores bajos de K_i ; sin embargo, el K_i puede ser modificado por el manejo. El K_i se considera como la fuente primaria de K para las plantas, puesto que reemplaza rápidamente al K_s absorbido por las plantas desde la solución del suelo. Los componentes del sistema de K en el suelo (K_s , K_i y K_{ni}) se encuentran en equilibrio dinámico, el cual se modifica por las entradas de K al sistema, a través de la fertilización y los residuos de cosecha, y por las salidas del mismo mediante la absorción de K por los cultivos. La modificación de los reservorios anteriores depende de la capacidad amortiguadora de K del suelo, que es el mecanismo de protección a los cambios

bruscos del medio y para el K, la capacidad amortiguadora (cK) está determinada por el tipo y cantidad de arcilla presente en el medio (20).

2.13.2. Ciclo de potasio.

- **Entradas**

Las entradas de K son idénticas a las del P: residuos de corral, biosólidos, residuos de plantas, fertilizantes comerciales y a través de la meteorización de los minerales en el suelo, como vemos en la ilustración 5. Sin embargo, a diferencia del P, el K en las fuentes orgánicas está presente como K inorgánico y no como un componente estructural de los compuestos orgánicos (17).

- **Transformaciones**

Debido a que no es parte de la estructura de los componentes orgánicos, el K no está sujeto a los procesos de mineralización o inmovilización. El K inorgánico es soluble y es la única forma como lo toman las plantas. Después que la planta absorbe el ión K (K^+), éste permanece en forma inorgánica dentro de la planta (17).

Las reacciones dominantes del K^+ inorgánico en la solución son reacciones de intercambio, que permiten que el K^+ sea retenido en las cargas negativas de la superficie de los minerales del suelo. Este K^+ puede liberarse para regresar a la solución del suelo. Al igual que el NH_4^+ , el K^+ puede fijarse entre las capas de ciertas arcillas. Una parte de este K fijado puede regresar a la solución del suelo si existe un gradiente de potencial químico lo suficientemente alta (17).

- **Salidas**

Como en el caso del N y el P, el K se pierde del suelo por medio de la extracción del campo de la cosecha de los cultivos. El K adsorbido y fijado en el suelo puede perderse por erosión. En suelos con bajo potencial de adsorción y fijación, en áreas de alta precipitación, el K se puede perder hacia la tabla de aguas por lixiviación (17).

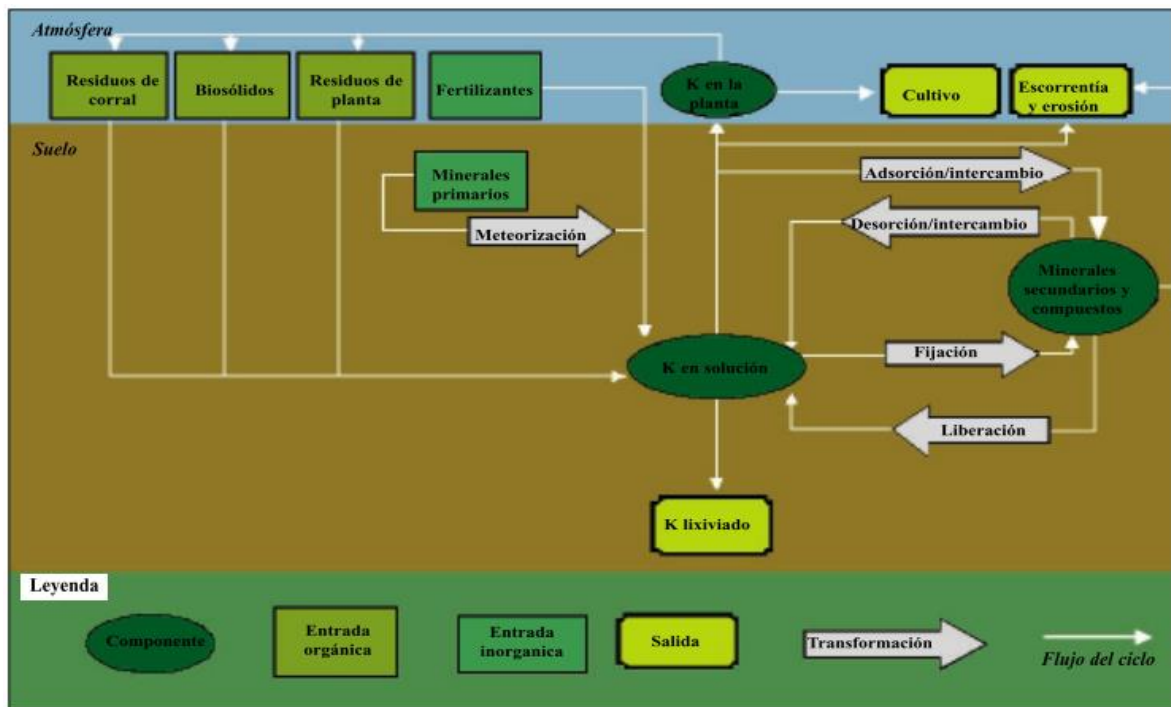


Ilustración 5. Relaciones entre el ciclo del Potasio y los compartimentos orgánicos y minerales.

Fuente: (17).

2.13.3. Relación N/K.

La respuesta de los cultivos al K depende en gran medida de la nutrición nitrogenada. El N, P y K son requeridos en cantidades mayores que el resto de los nutrientes por el vegetal. Para obtener la máxima eficiencia, estos nutrientes deben ser aplicados en las mismas proporciones en que existen en el vegetal, donde la relación N/K es aproximadamente 2:1. El continuo incremento del uso de fertilizantes nitrogenados implica la aplicación de K con la misma tasa de aumento. Caso contrario se cumpliría la Ley del mínimo de Liebig: la insuficiencia de un nutriente reduce la eficiencia de otros nutrientes (19).

2.14. pH.

Es una de las propiedades físico-químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. También determina la concentración de iones tóxicos, las diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo.

Influencia del pH sobre los diferentes elementos en el suelo, y otras características:

- **Nitrógeno:** La disponibilidad de este elemento depende de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Esta mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo presentan las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno.
- **Fósforo:** Si el pH es ácido, la solubilidad del aluminio y del hierro es alta. Estos compuestos precipitan con el fósforo como compuestos insolubles. En pH alcalino, es decir, superior a 7.5, el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos precipitándolos y formando compuestos Insolubles como la apatita; por lo tanto, el fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral.
- **Calcio, magnesio y potasio:** Estos elementos aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos. la ele disminuye y, por 10 tanto, aumenta la posibilidad de que estos elementos sean lavados del perfil (21).

2.14.1. La acidez del suelo

Un ácido es una sustancia que tiende a entregar pro tones (iones hidrógeno). Por otro lado, una base es cualquier sustancia que acepta protones. La acidez de una solución está determinada entonces por la actividad de los iones hidrógeno (H^+). Haciendo uso de estos principios químicos, la acidez en el suelo se determina midiendo la actividad del H^+ en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominado potencial hidrógeno (pH) como se representa en la ilustración 6 (22).

Los ácidos se disocian poco y en las soluciones acuosas se presentan concentraciones muy bajas de iones H^+ , tan bajas que es difícil presentarlas numéricamente en términos de molaridad. Por esta razón se define el pH en forma logarítmica. En realidad, el pH se define como el inverso del logaritmo de la actividad de iones H^+ de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$pH = \frac{1}{(H^+)}$$

Así, a pH 7.0 por ejemplo, la actividad (concentración) de iones H^+ es igual a 0.0000001 moles de H^+ por litro. El inverso de 0.0000001 es igual a 10000000 y el logaritmo de este número es 7. La escala del pH cubre un rango que va de 0 a 14 (22) . Un valor de 7.0 es neutro (igual número de iones H^+ y OH^- en la solución) mientras que valores menores que 7.0 son ácidos y valores mayores que 7.0 son básicos (22).

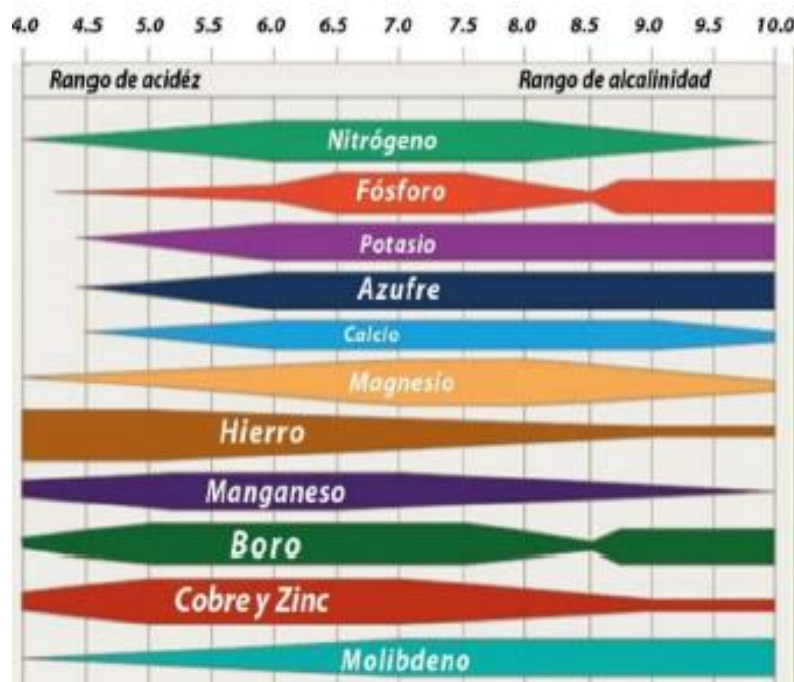


Ilustración 6. Disponibilidad de nutrientes en función del pH.

Fuente: (22).

2.15. Conductividad Eléctrica de los suelos.

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad que tiene un material conducir la corriente eléctrica. Cuando mayor es la concentración de sales en una solución del suelo, mayor es la corriente eléctrica que puede ser transmitida a través de ella. Por eso la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) se utiliza como indicadora de la salinidad del suelo. El agua pura es una mala conductora de la electricidad, mientras que el agua que contiene sales en solución puede conducir corriente en forma proporcional a la cantidad de sales disueltas (23).

La conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales macronutrientes micronutrientes disueltas en un sustrato de crecimiento. Los valores de CE proveen una idea

de la cantidad de fertilizante que se encuentra disponible en el medio para el crecimiento de las plantas o indica si existe acumulación de sales en el mismo (24).

Entre los factores que afectan la CE del suelo y que tienen relevancia en la productividad de cultivos tenemos:

- Continuidad de poros, los poros conectados entre sí y con humedad suficiente son mejores conductores que los poros separados del resto.
- Contenido de humedad, los suelos secos son malos conductores eléctricos.
- Capacidad de intercambio de cationes, tanto la materia orgánica (humus) como los minerales arcillosos 2:1 pueden retener cationes cuya presencia en la matriz húmeda del suelo aumenta el paso de corriente
- Profundidad, la respuesta de uno de los factores mencionados es menor con mayor profundidad y la CE por tanto no detectará humedad, sales u otros factores que se encuentren alejados de la superficie.
- Temperatura, menor temperatura especialmente cerca del punto de congelamiento limitan la conductividad. Suelos congelados en general no transmiten corriente eléctrica (25).

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad del suelo de conducir una corriente eléctrica, en tanto que la CEa es una medida de la conductividad eléctrica promedio representativo del perfil de suelo, hasta una profundidad dependiente del equipo utilizado. Las mediciones georreferenciadas de CEa del suelo se pueden realizar en forma intensiva y económica, y han sido consideradas como una buena forma de caracterizar la variación espacial en propiedades edáficas y optimizar los muestreos de suelos de propiedades que afectan el rendimiento de los cultivos. La CEa usualmente se relaciona con diversas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo entre las que se encuentran sales solubles, contenido y mineralogía de arcilla, contenido de agua, densidad aparente, estructura, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y temperatura del suelo (26).

2.15.1. ¿Para qué sirve conocer la CE en los suelos?

Determinar la CE es fundamental para tomar las decisiones de manejo del suelo, si es necesario algún mejorador del suelo o no, y para determinar la fracción de lavado que se adicionará. También conocer este parámetro del suelo facilita determinar el cultivo y variedad a establecer de acuerdo a su tolerancia a los niveles de salinidad presentes en el suelo (27).

2.16. La fertilidad del suelo.

Es una cualidad que se deriva de la interrelación de las propiedades físicas, químicas, y biológicas del suelo, y que a la vez es influenciada por las prácticas de manejo que se realizan en él (28). La fertilidad se relaciona con la capacidad que tiene el suelo de suministrar los nutrientes esenciales y condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las praderas y/o cultivos (28).

2.16.1. La fertilización del suelo.

Es la aplicación de fertilizante de forma tal de asegurar la máxima eficacia del fertilizante al menor costo (mayor rentabilidad) y la mayor eficiencia de uso del nutriente aportado (máxima absorción del o los nutrientes por las plantas). Para ello se debe tener en cuenta factores como: la dosis, época de aplicación, tipo de fertilizante y método de aplicación (28).

2.17. Análisis químico de suelos.

Dentro de un esquema productivo sustentable, el análisis de suelo es una herramienta esencial e indispensable para la toma de decisiones sobre prácticas de manejo agrícola. El análisis de suelo puede realizarse con diferentes objetivos:

- Para realizar una caracterización general de un lote, que conlleva a una decisión de comercialización;
- Para recomendar una fertilización, lo cual requiere considerar el nutriente y el tipo de cultivo;
- Para evaluar problemáticas específicas (acidez, sodicidad, salinidad, contaminación, etc).

Un esquema de manejo sustentable requiere, además del análisis de suelo, un muestreo adecuado, la posterior interpretación del dato emitido por el laboratorio y el diagnóstico para realizar la recomendación (8).

Desde el punto de vista agronómico y medioambiental, el análisis de suelo proporciona doble información:

- Cualitativamente: permite conocer el estado o nivel general de fertilidad del suelo, es decir, su carácter neutro, ácido o alcalino, su posible salinidad, o si el contenido en nutrientes, materia orgánica y elementos tóxicos es bajo, adecuado o excesivo(4).
- Cuantitativamente: el análisis físico-químico de suelos es la base de las modernas recomendaciones de abonado, que establecen las cantidades de enmiendas y fertilizantes a aplicar para obtener los máximos rendimientos de cosechas de calidad, con una mínima contaminación del medio natural. En términos más simples, el propósito del análisis de suelos es determinar el estado de su fertilidad e identificar los nutrimentos que podrían limitar el rendimiento de las plantas, ya sea por encontrarse en exceso o en deficiencia (4).

Para determinar si el suelo cumple con las condiciones óptimas para suministrar los nutrientes a la pradera/cultivo, en función de sus necesidades actuales y futuras, se evalúa la disponibilidad de elementos a través de un análisis. Este sirve para diagnosticar su estado físico, químico y biológico (problemas, déficit de nutrientes, etc.), siendo una gran ayuda para posteriormente desarrollar estrategias de fertilización adecuadas y lograr una producción óptima del cultivo y/o pradera (28).

En caso que los resultados del análisis del suelo indiquen deficiencias de nutrientes se recomienda el uso de fertilizantes para suministrar los requerimientos de las plantas en función del rendimiento esperado. Es necesario recalcar que en un plan de fertilización se debe considerar el suministro de nutrientes de acuerdo a lo determinado en el análisis de suelo, además de otros factores como condiciones de edafoclimáticas y prácticas de manejo. La sobre fertilización (aplicación en exceso de algún nutriente) puede causar no solo toxicidad a las plantas sino también influir en la ocurrencia de pérdidas de nutrientes hacia

el medio ambiente ya sea por escurrimiento superficial, lixiviación o percolación o vía gaseosa (volatilización) (28).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del experimento.

La investigación bajo condiciones de campo se llevó a cabo en los terrenos del campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 ½. de la vía Quevedo El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3’18” de latitud sur y 79° 25’ 24” de longitud oeste, a una altura de 77.60 metros sobre el nivel del mar, como está representado en las ilustraciones 7 y 8.



Ilustración 7. Mapa del Campus “La María”

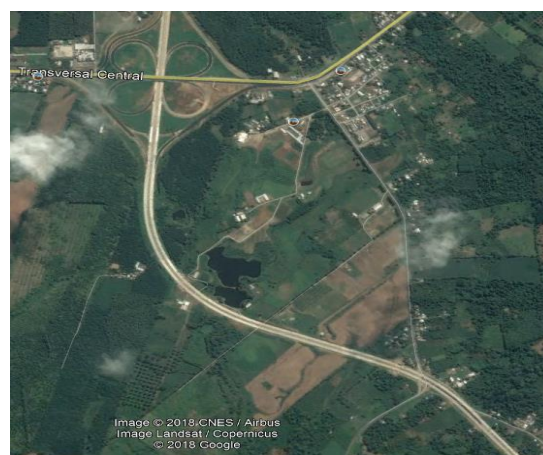


Ilustración 8. Mapa del Campus “La María”- Rcto. San Felipe.

Fuente: (Google Earth, 2018).

3.1.1. Características agro-climatológicas del lugar experimental.

Tabla 1. Características agro meteorológicas del Campus “La María” UTEQ - Mocache.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	24.87
Humedad relativa, %	85.48
Precipitación anual mm	2223.85
Heliofanía, horas luz año ¹	898.66
Zona ecológica	Bh- T
Topografía	Irregular

Fuente: Estación agro meteorológica del INHAMI ubicada en el INIAP –Tropical Pichilingue, 2018

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. De campo.

La investigación se realizó en campo, con la finalidad de poder caracterizar las propiedades químicas del suelo de uso agrícola y pecuario en el Campus “La María” del cantón Mocache, que pertenece a la línea Ambiental y la sub-línea “Evaluación de la calidad del agua, aire y suelo, incluyendo las alternativas de mitigación a los impactos ambientales”, que contribuyan con información para un correcto uso y manejo. En la presente investigación se aplicará tecnologías de información geográfica para alcanzar una agricultura de exactitud.

3.3. Método de la investigación.

3.3.1. Método de observación.

El método de observación permitió identificar las características químicas de los suelos de la finca realizando análisis de suelo, de esta forma se podrá tener referencia de las diferencias áreas de la finca con el fin de determinar que suelo presente mejores características.

3.3.2. Método comparativo.

Este método fue muy relevante durante la investigación, siendo el método comparativo que permitió determinar las diferencias entre los factores y variables a estudiar y así conocer que lugares están idóneos para que se lleven trabajos ya sea en el área agrícola o pecuaria.

3.3.3. Método analítico.

El método analítico tuvo la participación en el proceso investigativo y se estudiaron los procesos, factores y condiciones que están presentes en la investigación y que no influyen gradualmente en las variables a estudiarse.

3.3.4. Método Exploratorio.

Con este método exploratorio es de gran utilidad donde se tomaron muestras de suelo del campo que permita el establecimiento y determinación de las características químicas del suelo y con los respectivos análisis, para determinar cómo se encuentran nuestros suelos en la finca.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Primarias: Para la obtener la información primaria se obtuvo por medio de la observación y recolección de datos. El objetivo del estudio se enmarcará en la obtención de información de la finca, como los límites del área y antecedentes de la finca.

Secundarias: Las fuentes de información secundarias corresponden a bibliográficas obtenida a través de revistas científicas, libros, tesis y buscadores académicos que proveen y aporten al investigador conocimientos importantes para el cumplimiento de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación.

La investigación se realizó con un Diseño Completamente al azar (DCA), con 20 tratamientos y 3 repeticiones. Se empleó una prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). En esta investigación se estudió variables cualitativas y cuantitativas, donde se analizaron solo las variables cuantitativas por medio de un paquete estadístico, como se representa en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Tratamientos.	t-1	19
Error experimental.	(t) (r-1)	40
Total	(t x r)-1	59

Elaborado por: Autor.

3.5.1. Modelo matemático.

Ecuación modelo matemático de un DCA.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta i “esimo” efecto de las observaciones

μ = Valor de la media general

T_i = Efecto de los tratamientos en estudio

E_{ij} = Error experimental o efecto aleatorio.

3.5.2. Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANDEVA y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), con la utilización de un software libre Infostat. Datos, Cuadros y figuras fueron realizados en hojas de cálculo de EXCEL del paquete Office de Microsoft, como está representado en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANDEVA) para Diseño Completamente al Azar DCA.

Fuente Variación FV	Suma de cuadrados SC	g.l	Cuadrados medios CM	Estadística de prueba F_{cal}	F_{tab}
Tratamiento	$SCTr = \frac{\sum_{i=1}^t T_i^2}{n} - C$	t-1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{t-1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$F_{tab} = F_{1-\alpha; t-1; (N-t)}$ o P-valor
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	N-t	$CM_E = \frac{SC_E}{N-t}$		
Total	$SCT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - C$ $C = \frac{(\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^n y_{ij})^2}{tn}$	N-1			

Elaborado por: Autor.

3.6. Descripción de los tratamientos.

En la tabla 4, se detalla información de los tratamientos, cultivos establecidos, coordenadas geográficas (X y Y) y metros sobre el nivel del mar.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos, coordenadas, cultivo establecido, metros sobre nivel del mar.

Tratamiento	Sitios uso agrícola	Georreferenciación		Altura m.s.n.m
		Latitud	Longitud	
T 1	Plátano	0666665	9880325	70
T 2	Maíz	0666796	9880330	75
T 3	Palma africana	0666782	9880306	75
T 4	Teca	0666889	7880323	76
T 5	Quinua	0666855	9880182	72
T 6	Ciclo Corto	0666796	9880186	61
T 7	Cítricos	0666632	9880067	72
T 8	Banano	0666724	9879945	76
T 9	Frutales	0666614	9879992	71
T 10	Guanábana	0666599	9879935	75
T 11	Cacao CCN-51	0667087	9880109	69
T 12	Cacao Nacional	0667058	9879998	73
T 13	Banano	0667082	9879935	74
T 14	(T. Agron) Ciclo corto (T. Agron)	0667161	9879888	69
T 15	Braquiaria	0666940	9879762	73
T 16	Pasto Saboya	0666626	9879489	68
T 17	Pasto Saboya	0666514	9879283	71
T 18	Pasto Saboya	0666444	9878938	65
T 19	Pasto Saboya	0666621	9878683	68
T 20	Pasto Saboya	0666494	0978583	71

T: Terreno.

Elaborado por: Autor.

3.7. Instrumentos de investigación.

En agosto del 2018 se colectaron las muestras de la capa cultivable, el proceso con la distribución de las calicatas, sus coordenadas geográficas con ayuda de un GPS, la creación y apertura de las calicatas en toda la finca, cada calicata tuvo las siguientes dimensiones que son 1m de ancho, 1 metro de largo y con una profundidad efectiva de 1,5 metros. Para la recolección de muestras se determinó diferentes variables químicas, para aquello se debe recolectaron las muestras de cada calicata y se tomaron muestras de la capa cultivable de los diferentes lugares de la finca. Una vez establecidas las calicatas se obtuvieron muestras de la capa cultivable y conseguir las 3 repeticiones estas muestras fueron etiquetadas con información básica de identificación de cada muestra.

Todas las muestras se trasladaron a reposar por un tiempo de 48 horas en un lugar seco, limpio y bajo sombra para su preparación y realizar los diferentes análisis de los 20 tratamientos de la capa cultivable. En el proceso de la preparación de las muestras secadas al ambiente por un tiempo de 48 horas, fueron tamizadas con un tamiz inferior de $< 2\text{mm}$. Luego de este procedimiento se llevó las muestras de la capa cultivable con sus respectivas repeticiones al laboratorio para su análisis para determinar las características químicas que existen como pH y conductividad eléctrica, como también conocer el contenido de los macro elementos esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio.

3.8. Mapa georreferenciación de los suelos de uso agropecuario de la Finca Experimental “La María” del Cantón Mocache, 2019.

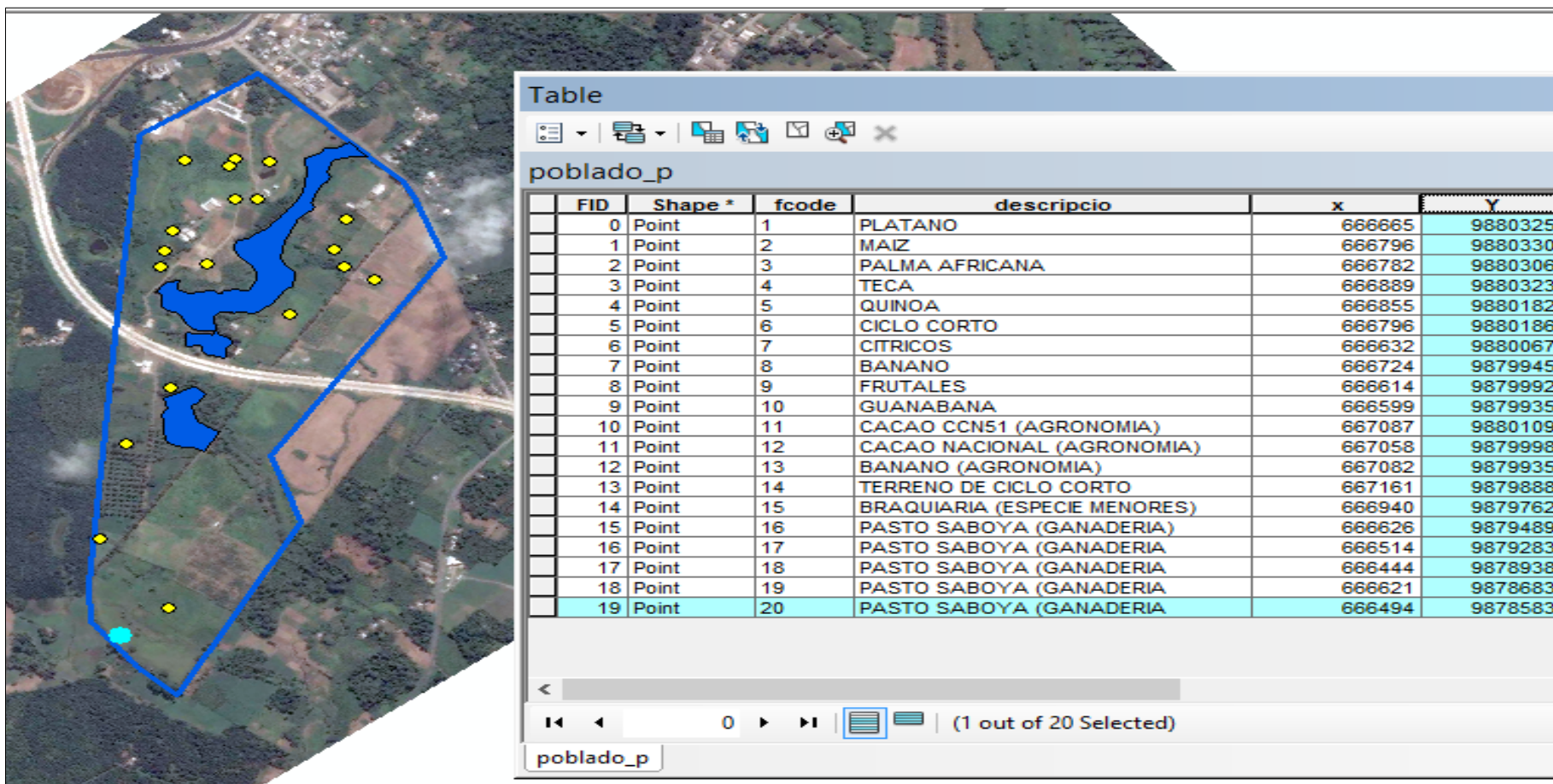


Ilustración 9. Mapa georreferenciado de los diferentes tratamientos establecidos en el Campus “La María”.

Autor: (24).

3.9. Variables a evaluar en la investigación.

Las variables estudiadas fueron tipo cuantitativas: el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE). Estas variables están compuestas por diferentes metodologías, procedimientos, materiales, reactivos y formulas.

3.9.1. Contenido de nitrógeno (N).

Para determinar el contenido de nitrógeno (N) en la capa cultivable de los suelos de la finca se utilizó el método de digestión Kjeldahl, en la capa cultivable (29).

Un número bastante grande de compuestos nitrogenados son encontrados en los suelos, y para su análisis en los suelos el método clásico es el procedimiento Kjeldahl. En el transcurrir de los años se han probado diferentes modificaciones para mejorar o remplazar el procedimiento Kjeldahl (30).

3.9.2. Contenido de fósforo (P).

El contenido de P se determinó mediante la capacidad tampón de fósforo, la cual se expresa como la cantidad de P señalada en Kg necesaria para subir en 1mg/kg el P-Olsen de 1 ha de suelo hasta una profundidad de 20 cm. El método consiste en incubar un volumen de suelo a 60°C por 24 horas con y sin adición de P, posteriormente determinar el P-Olsen (extracción con solución de bicarbonato de sodio 0.5 mol/L a pH de 8.5). Se divide el P agregado por la diferencia entre el P-Olsen de muestra incubada con y sin adición de P y este resultado se multiplica por 2 (Olsen and Sommers, 1982) (29).

La fracción de P disponible para la planta es solo una pequeña parte del P total. La determinación del P total involucra digestión de la muestra de suelo empleando un ácido fuerte para producir disolución de todas las formas insolubles inorgánicas y orgánicas de P. Esta medida de P total es sólo usada para estudios de génesis o de mineralogía de los suelos (30).

3.9.3. Contenido de potasio (K).

El contenido de K se determinó por extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH de 7.0 y posterior determinación por espectrofotometría de emisión atómica, puesto que el acetato de amonio extrae de las muestras de suelo los cationes solubles intercambiables provenientes de calcita, dolomita y yeso (29).

Esta fracción del K que es la suma del K soluble en agua más el K cambiante, es extraído mediante la solución de una sal neutra que reemplaza a los cationes presentes en el complejo de cambio, por lo tanto, la concentración del catión determinado por este método es referido como cambiante para suelos no calcáreos. Para suelos calcáreos el catión es referido como cambiante más soluble (30).

3.9.4. pH.

Se determinó mediante empleo de un potenciómetro; las muestras de suelo se disolvieron en agua destilada y se filtrara el sobrenadante mediante el uso de papel filtro. Se determinó el pH de cada muestra mediante el uso del potenciómetro (29).

3.9.5. Conductividad eléctrica (CE).

Esta variable se determinó por conductivimetría, para aquello, la muestra de suelo se disuelve en agua a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en una relación de suelo-agua de 1:5 para disolver las sales. Se filtra la solución y en este extracto obtenido se mide la conductividad corregida a 25°C gracias al empleo de un conductivímetro de exactitud de al menos 0.01 dS/m (29).

3.10. Tratamientos de los datos.

El análisis estadístico se realizó mediante la utilización de un software estadístico libre, mientras que la organización de los datos, elaboración de cuadros y figuras se realizaron en hojas de cálculo de EXCEL del paquete Office de Microsoft.

3.11. Recursos humanos y materiales.

3.11.1. Recursos humanos.

Las personas que intervinieron en la presente investigación son las siguientes:

Contribución de la tutora de titulación Ing. Diana Verónica Véliz Zamora, con la colaboración del Ing. Luis Fernando Salazar y de las Srtas. Mónica Estefanía Castillo Burneo y Mildred Yuliana Quintana Franco y el Sr. Andrés Felipe Albán León y autor del proyecto de investigación Sr. Geovanny Fernando Litardo Peña.

3.11.2. Recursos materiales en la investigación.

3.11.2.1. Materiales de campo.

- Pala.
- Machete.
- Barra.
- Pico.
- Flexómetro.
- Funda plástica.
- Cilindro metálico.
- Palilla de mano.
- Cinta adhesiva.
- Gramera.
- Espátula.
- Cuaderno de campo.
- Gaveta.
- Papel periódico.
- Rodillo de masa.
- Martillo.

3.11.2.2. Materiales de laboratorio.

Los materiales de laboratorio utilizados fueron los siguientes.

- Probeta.
- Balanza analítica.
- Balanza electrónica.
- Cajas Petri.
- Balón de vidrio.
- Recipientes de plásticos 250 ml.
- Filtros

- Bomba de extracción al vacío.
- Vasos de precipitación de 50, 100, 250 y 500 ml.
- Termómetro.
- Estufa.
- Gradillas.
- pH-metro
- Tamices.
- Equipo multiparametro.
- Hidrómetro.
- Licuadora.
- Cucharas plásticas.
- Embudos.

3.11.2.3. Reactivos de laboratorio.

Los reactivos de laboratorio utilizados son los siguientes

- Agua destilada.
- Alcohol.
- Hexametáfosfato de sodio, $(\text{NaPO}_3)_6$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del contenido de N, P, K en el suelo.

En la tabla 5, se muestran los promedios de nitrógeno total (NH_4^+), fósforo (P) y potasio (K) de los suelos del Campus “La María”, 2019, donde estas concentraciones reflejaron variaciones positivas y de forma altamente significativa ($P \leq 0,0001$), sin mostrar una línea de tendencia en los sitios de acuerdo a los diferentes usos agrícolas, ver ilustración 10.

La Fertilidad del suelo es la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo, que consiste en la capacidad de suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El análisis de suelo permite conocer, estudiar y determinar los elementos minerales de interés como la concentración adecuada en la solución del suelo ya que esto puede influir directamente en el crecimiento y desarrollo vegetativo y productivo de los cultivos.

El contenido de Nitrógeno (N) en las diferentes áreas evaluadas de uso agrícola, se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$), con un promedio de 28,04 ppm y coeficiente de variación 3,93. El nivel de nitrógeno encontrado en el sitio de uso agrícola donde se produce el cultivo de quinua (T5) es de 36,66 ppm; mientras que en el sitio donde se produce pasto saboya (T18), el contenido de NH_4^+ es 16,22 ppm. Los promedios en los demás sitios de usos agrícolas evaluados varían entre 19,67 a 35,87 ppm. La tabla de niveles adecuados para la interpretación de resultados de análisis químicos utilizada por el material didáctico sobre fertilidad del suelo y parámetros que la definen, que el nitrógeno encontrado estaría según la escala en los niveles bajo (< 31 ppm) y medio (31-40 ppm), sin encontrar niveles altos (> 40 ppm) (31).

El nitrógeno (N) es uno de los macro nutrientes más importante para la producción vegetal por las cantidades requeridas por los cultivos y por las deficiencias en la mayoría de los suelos agrícolas, es así que el sector agropecuario depende del uso de fertilizantes nitrogenados. Sobre el comportamiento del NH_4^+ total en el suelo en función de la profundidad, éste disminuye a medida que se incrementa la profundidad, aparte del tipo de manejo, debido a que la capa superficial es la más afectada por las adiciones de N ya sea por residuos orgánicos que se incorporan o de las fertilizaciones.

La investigación de J. Gallardo et al; (32). Realizó análisis de suelo en 5 laboratorios diferentes para la evaluación de nitrógeno en el cantón Quevedo donde obtuvieron promedios que varían entre 19 a 42 ppm respectivamente, siendo similares al contenido de nitrógeno del Campus “La María” ubicada en el cantón Mocache. De igual manera en la investigación de Castillo (33), donde caracterizó propiedades y fertilidad de los suelos del cantón Marcabelí, expresaron promedios muy parecidos que están en el rango de 23 a 49 ppm; a su vez en el trabajo presentado por Moscoso (34) donde realizó análisis en potreros para el uso de dos fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio, los análisis realizados arrojaron 38 ppm de NH_4^+ , en suelos de la ciudad de Cuenca. Además, resultados similares presento Ríos (6) en la investigación sobre la determinación de la calidad del suelo, mediante la caracterización física, química y biológica; encontrando valores superiores en el contenido de NH_4^+ 76 ppm.

El contenido de fósforo (P), en las diferentes áreas evaluadas de uso agrícola, se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$), con un promedio de 24,39 ppm y coeficiente de variación 10,71; los niveles de fósforo encontrados en los sitios donde se encuentra el cultivo de guanábana (T10) y cítricos (T7), son 76,40 y 71,37 ppm P- Olsen, respectivamente; los sitios donde se produce plátano (T1) y palma africana (T3) tienen un contenido de P son de 7,74 y 7,40 ppm P- Olsen. Los promedios en los otros sitios de usos agrícolas evaluados varían entre 8,82 a 44,31 ppm P- Olsen. La tabla de niveles adecuados para la interpretación de resultados de análisis químicos utilizada por el material didáctico sobre fertilidad del suelo y parámetros que la definen, indica que el fósforo encontrado estaría según la escala en los niveles alto (>14 ppm), medio (8,0 – 14,0 ppm) y bajos (< 8 ppm) (31).

En la mayoría de los suelos de clima tropical, la mayoría del P aplicado permanece en el suelo hasta que las plantas pueden utilizarlas, debido a su inmovilidad, la recuperación de este elemento puede tomar varios años. En suelos tropicales las reacciones de la superficie y una gran cantidad se pierde por escorrentías.

Los resultados obtenidos en la investigación de López y Zamora (35), donde evaluarán diferentes variables físicas y químicas del suelo. En los análisis químicos de pH, materia orgánica, fósforo y salinidad. Obtuvieron promedios para el contenido de fósforo muy bajos 8,9 y 13,1 ppm P- Olsen. En resultados encontrados en la investigación de Vilca y Pérez

(36), sobre la recuperación de suelos degradados en las parcelas agrícolas en la ciudad de Ibarra, se demostró mediante análisis de laboratorio contenidos de fósforo de 8 ppm P- Olsen. Resultados similares presentó Arizala (37); en la investigación sobre el efecto en el desarrollo y producción del híbrido de maíz, en la zona de Quinsaloma, donde presentó concentraciones de fósforo de 10 ppm. A su vez en la investigación presentada por Hidalgo (38), se determinó las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano con análisis de suelo a dos profundidades diferentes (0-30 y 30-60) cm respectivamente, obteniéndose que el contenido de fósforo alcanzó rangos de 1 a 2,60 ppm P- Olsen. Resultados similares presentó Catuto (39), donde con valores superiores de 21 a 28 ppm P- Olsen.

En contenido de potasio (K), en las diferentes áreas evaluadas de uso agrícola, se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$), con un promedio de 484,19 ppm y coeficiente de variación 9,94, el nivel de potasio encontrado en el sitio donde está establecido el cultivo de quinua (T5), es 148,2 ppm; donde se produce pasto saboya (T20) 148,2 ppm. Y, en los demás sitios de uso agrícola los contenidos varían entre 273 a 713,7 ppm. La tabla de niveles adecuados para la interpretación de resultados de análisis químicos utilizada por el material didáctico sobre fertilidad del suelo y parámetros que la definen, indica que el potasio encontrado se encuentra según la escala en los niveles alto ($>148,2$ ppm), sin encontrar niveles bajos (<78 ppm) ni medios (78 – 148,2 ppm) (31).

El potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades, solo superado por el N y, a veces por el Ca. Es el nutriente que no presenta problemas de disponibilidad, ya que, este elemento en los suelos es aceptable y también se lo puede encontrar en concentraciones muy altas. Está presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente, K^+ . A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no ocasiona problemas ambientales cuando sale del sistema suelo. A demás aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades.

En la investigación de Patricio y Ludueña (40); donde se analizaron la aplicación de técnicas geoestadísticas para la clasificación agrológica de suelos de la hacienda El Prado IASA – ESPE”. Presentaron valores de 434,7 y rango de 396 ppm respectivamente en contenido de K. Resultados similares presentó Catuto (39), donde se tomaron seis muestras para la evaluación de una finca y se realizaron análisis de suelos respectivamente obteniendo

rangos que varían de 551 a 1216 ppm K. En resultados encontrados en la investigación de Vilca y Pérez (36), sobre la recuperación de suelos degradados en las parcelas agrícolas en la ciudad de Ibarra, se demostró mediante análisis de laboratorio un contenido de 280.8 ppm de K. Resultados similares presentó Simbaña (41); cuando la variabilidad en el grado de fertilidad de los suelos, donde se realizaron análisis determinó el contenido de K varía entre 144,30 a 772,2 ppm K. Mientras que en la investigación de Gualato (42); reportó una concentración de potasio de 62,4 a 370, 5 ppm en suelos deteriorados por actividades agrícolas en la palmicultura.

Tabla 5. Promedios de Nitrógeno total (NH_4^+), Fósforo (P) y Potasio (K) de la capa cultivable de los suelos del Campus "La María", 2019.

#	Áreas Agrícolas	NH_4^+ (ppm)		P-Olsen (ppm)		K (ppm)	
		Promedios	Significancia	Promedios	Significancia	Promedios	Significancia
1	Plátano	22,98	gh	7,74	i	561,60	cde
2	Maíz	27,04	ef	12,30	ghi	296,40	ghij
3	Palma africana	31,37	cd	7,40	i	468,00	def
4	Teca	27,09	ef	15,06	fghi	682,50	abc
5	Quinua	36,66	a	25,89	de	807,30	a
6	Ciclo Corto	32,48	bcd	16,73	fgh	705,90	abc
7	Cítricos	33,33	abc	71,37	a	635,70	bc
8	Banano	29,44	de	20,66	ef	425,10	efgh
9	Frutales	31,73	cd	44,31	b	713,70	ab
10	Guanábana	35,87	ab	76,40	a	592,80	bcd
11	Cacao CCN-51 (Agron.)	25,60	fg	18,21	efg	475,80	def
12	Cacao Nacional (Agron)	27,17	ef	8,82	hi	327,60	fghi
13	Banano (Agron)	19,67	h	11,21	ghi	444,60	defg
14	Ciclo corto (T.Agron)	20,17	h	32,39	cd	370,50	fghi
15	Braquiaria (E. Menores)	25,12	fg	34,42	c	378,30	fghi
16	Pasto Saboya	31,78	cd	31,16	cd	659,10	bc
17	Pasto Saboya	32,70	bcd	13,69	fghi	273,00	ij
18	Pasto Saboya	16,22	i	11,35	ghi	280,80	hij
19	Pasto Saboya	27,45	ef	12,93	fghi	436,80	efg
20	Pasto Saboya	27,01	ef	15,44	fghi	148,20	j
$\bar{x}$		28,04		24,39		484,19	
CV (%)		3,93		10,71		9,94	

Elaborado por: Autor.

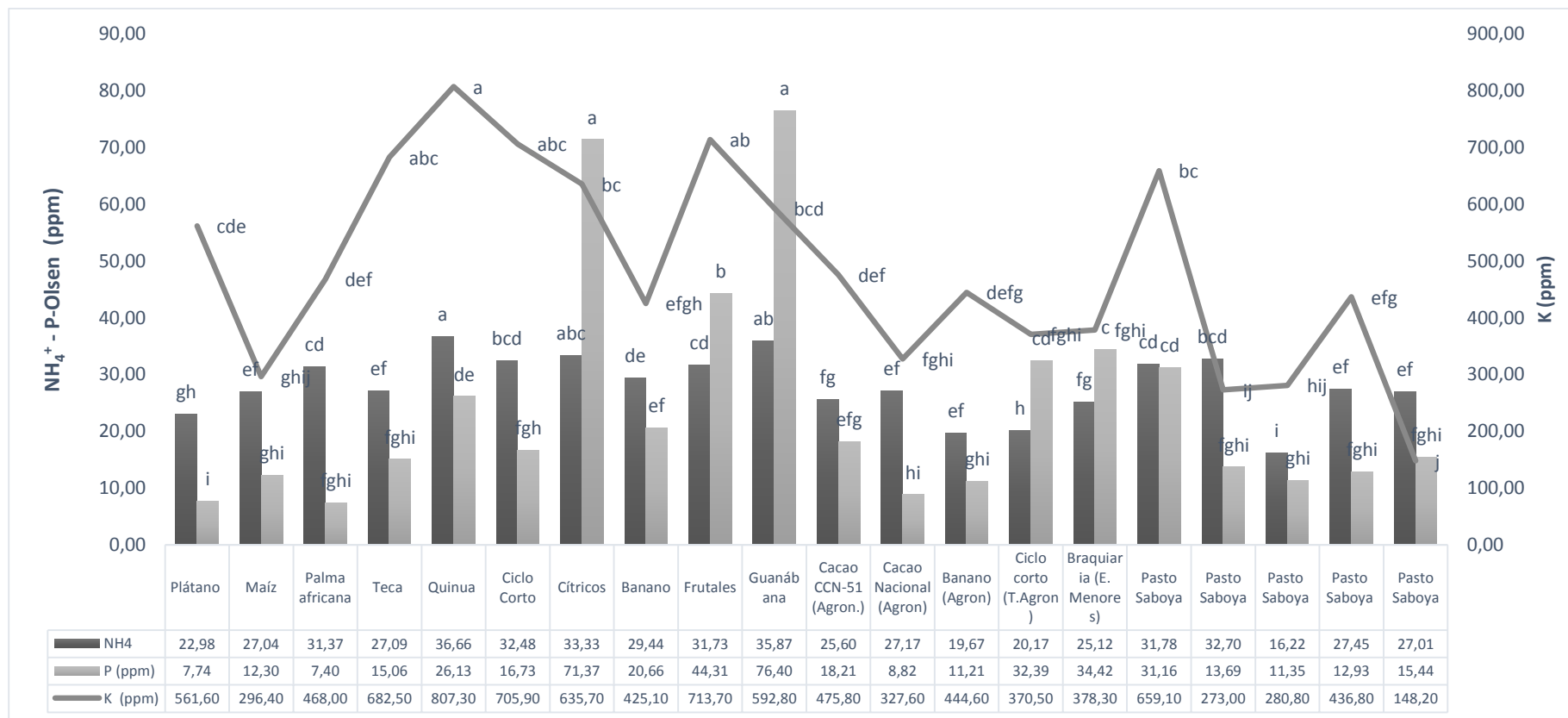


Ilustración 10. Promedios de nitrógeno total (NH_4^+), fósforo (P- Olsen), potasio (K) de la capa cultivable de los suelos del Campus "La María", 2019.

Elaborado por: Autor.

4.2. Análisis del contenido de pH (H_2O – $CaCl_2$) y conductividad eléctrica.

4.2.1. pH.

Los promedios de pH H_2O y pH – $CaCl_2$, de los suelos del Campus “La María”, 2019 se muestran en la tabla 6, las concentraciones obtenidas son de forma altamente significativas ($P < 0,0003$) para pH H_2O y ($P < 0,0001$) para pH $CaCl_2$ y conductividad eléctrica, sin mostrar una línea de tendencia en los sitios evaluados y las variables evaluadas de acuerdo a los diferentes usos agrícolas, que se muestran en las ilustraciones 11, 12, 13.

El contenido de pH H_2O , en las diferentes áreas evaluadas muestran diferencias altamente significativas ($P < 0,0003$), con promedio de 6,58 y coeficiente de variación 4,19. Los niveles de pH H_2O encontrados en los diferentes sitios de uso agrícola donde se producen pasto saboya (T16), banano (T8) y pasto braquiaria (especies menores) (T15), encontrándose promedios de pH- H_2O entre 7,07; 7,00 y 6,90, respectivamente, los mismos que se clasifican en contenidos de pH neutros. Mientras que en el sitio de uso de ciclo corto (T6), arrojó un promedio de 5,87, que es un pH moderadamente ácido. Los promedios en los demás sitios de usos agrícolas varían de 6,37 a 6,83, que son contenidos de pH que son considerados desde neutros hasta ligeramente ácido. Según la escala determinada por Molina.

La investigación de Gallardo et al, (32); en pH en el cantón Quevedo se obtuvieron promedios muy similares a los de la presente investigación (5,5 a 6,5 respectivamente), clasificándolos como suelos ligeramente ácidos. Resultados similares presentó Simbaña (41); Cuando determina la variabilidad en el grado de fertilidad de los suelos, donde el contenido de pH variaba de 5,3 a 7,8. A su vez en la investigación presentada por Hidalgo (38), se determinó las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano con análisis de suelo a dos profundidades diferentes (0-30 y 30-60 cm), obteniendo el contenido de pH rangos de 7 a 7,10. Valores superiores presentó Mateo (43); en su investigación realizada en la granja experimental “Santa Inés” de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, evaluando tres tipos de cultivos y en profundidades 0-15, 15 - 30 y 30 - 45 cm respectivamente, donde los niveles alcanzados fueron de 7,42 a 8,52.

El contenido de pH CaCl_2 en las diferentes áreas evaluadas de uso agrícola, se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$), con promedio de 5,78 y coeficiente de variación 2,73. Los niveles de pH CaCl_2 en el sitio de uso agrícola donde se produce el cultivo de pasto braquiaria (E. Menores) (T15), con 6,10, que son contenidos de pH ligeramente ácido. Mientras que el lote que corresponde al cultivo de quinua (T5), el contenido de pH CaCl_2 es 5,47, clasificado como pH fuertemente ácido. Los promedios de pH en los demás sitios de uso agrícola van desde 5,57 a 6,07 siendo moderadamente ácido hasta ligeramente ácido.

Los resultados de la investigación de García et al. (44). Demostró que los suelos de la región Costa específicamente en el cantón Quevedo, son ligeramente ácidos, tienen un pH que oscila de 6,0 a 6,5. No hay diferencias importantes del pH en los distintos horizontes; sin embargo, a lo largo del gradiente altitudinal la acidez es ligeramente mayor en la primera capa de los perfiles analizados. La investigación de González et al. (45), quienes realizaron análisis de suelo a tres distintas profundidades (0-18, 30-45, 45-70 cm), obtuvo rangos en pH CaCl de 4,12 a 4,35 respectivamente.

La variación del pH en agua y cloruro de calcio versus el pH en agua, en suelos de la capa cultivable en el del Campus “La María”, 2019; en suelos con cultivos de gramíneas reflejan una tendencia lineal negativa con R^2 0,05.

En la ilustración 11, se observa la variación del pH en agua y cloruro de calcio versus el pH en agua, en suelos de la capa cultivables en el Campus “La María”, 2019; en cultivos anuales reflejando una tendencia positiva con R^2 0,96.

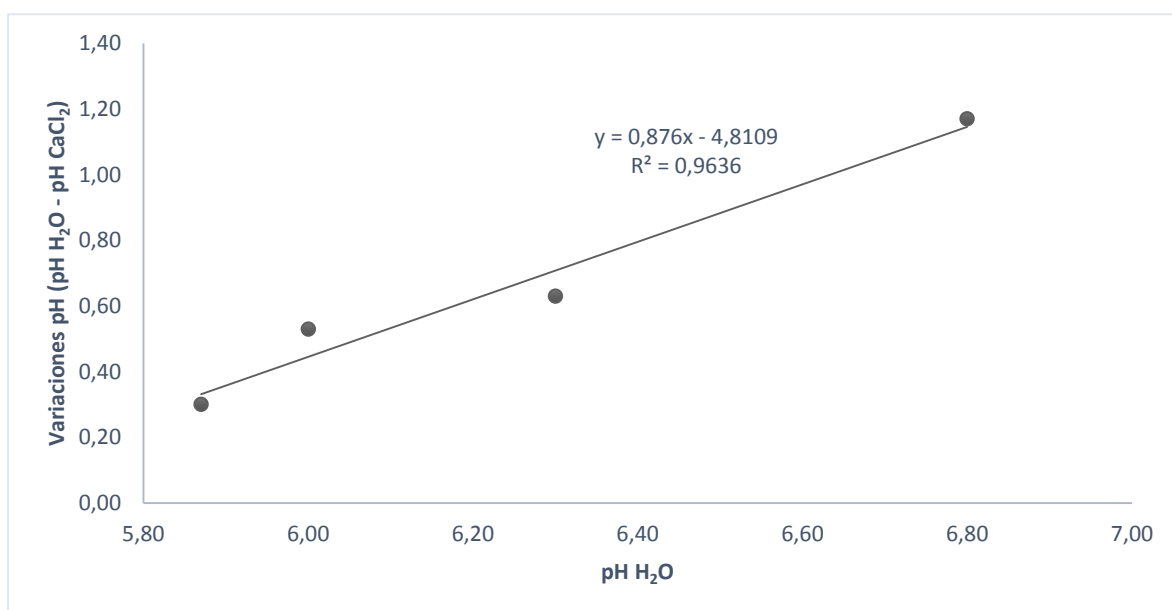


Ilustración 11. Variación de potencial de hidrógeno (pH H₂O - pH CaCl) y pH H₂O, en suelos de la capa cultivable en cultivos anuales, Campus "La María", 2019.

En la ilustración 12, se observa la variación del pH en gua y cloruro de calcio versus el pH en agua, en suelos de la capa cultivable en el Campus "La María", 2019; en cultivos perennes reflejando una tendencia lineal positiva con R^2 0,61.

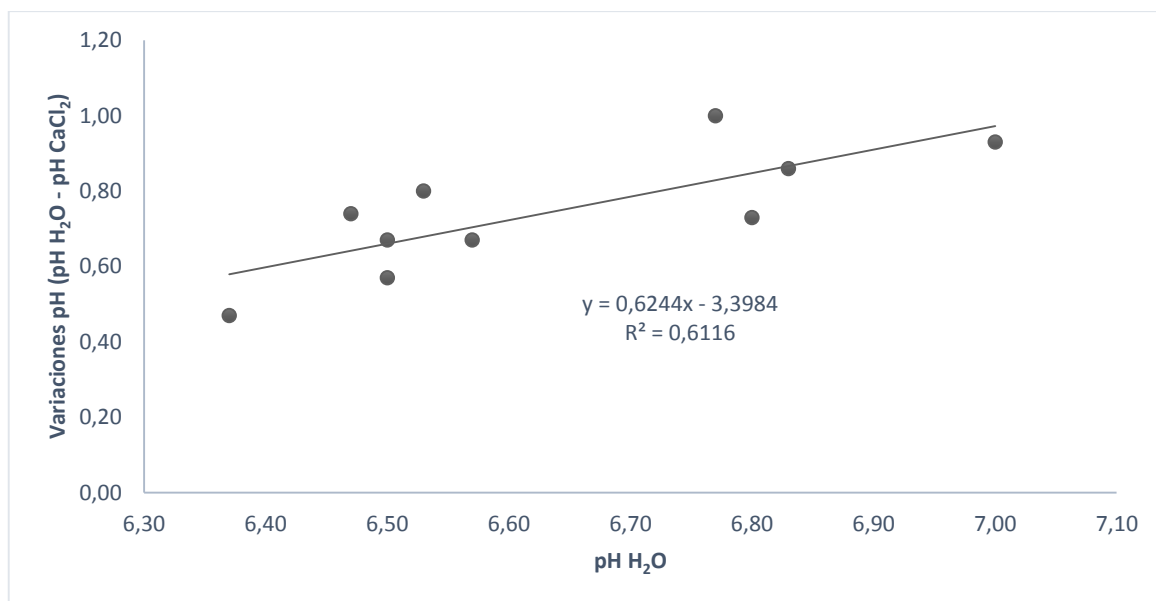


Ilustración 12. Variación de potencial de Hidrogeno (pH H₂O - pH CaCl) y pH H₂O, en suelos de la capa cultivable en cultivos perennes, Campus "La María", 2019.

4.2.2. Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica, en las diferentes áreas evaluadas de uso agrícola Campus "La María", se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$), con promedio de 75,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y coeficiente de variación 65,89. La conductividad eléctrica encontrada en el sitio de uso para ciclo corto (T6) es de 185,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras que en los sitios que corresponde al cultivo de banano (Agron) (T13) y pasto saboya (T20), muestran promedios de 35,20 y 34,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente; adicionalmente se obtuvieron promedios en los demás sitios de usos agrícola que varían desde 42,73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 129,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los resultados obtenidos en la investigación de Hidalgo (38), quien determinó las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano con análisis de suelo a dos profundidades diferentes (0-30 y 30-60 cm) respectivamente, reporta que para la conductividad eléctrica alcanzó rangos de 700 a 1340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En resultados encontrados en la investigación de Vilca y Pérez (36), sobre la recuperación de suelos degradados en las parcelas agrícolas en la ciudad de Ibarra, se demostró mediante análisis de laboratorio, una conductividad eléctrica de 387 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mientras que en la investigación de Chávez y Araya (46), sobre la correlación entre las características del suelo donde se evaluaron 120 muestra encontraron promedios de 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En síntesis, los niveles encontrados en la capa superficial de los sitios de uso agrícola en el suelo del Campus "La María" mismos que describo en promedio: NH_4 fue de 28,04 ppm según la escala se clasifica en un nivel bajo de nitrógeno; mientras que el contenido de fósforo fue de 24,39 ppm P- Olsen, que se clasifica como alto contenido de fósforo; además el contenido de potasio se encuentra en contenidos muy altos con promedios de 484,19 ppm K, el pH (H_2O y CaCl_2), presentó promedios de 6,58 y 5,78 que corresponde a la clasificación de pH neutro y medianamente ácido respectivamente, con una conductividad eléctrica de 75,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabla 6. Promedios de pH en agua (H₂O), pH en cloruro de calcio (CaCl₂) y conductividad eléctrica (CE) según los usos agrícolas del suelo en la capa cultivable del Campus "La María", 2019.

#	Áreas Agrícolas	pH				Conductividad Eléctrica	
		H ₂ O		CaCl ₂		μS/cm	
		Promedios	Significancia	Promedios	Significancia	Promedios	Significancia
1	Plátano	6,50	abc	5,93	abcd	76,00	bcde
2	Maíz	6,80	ab	5,63	abcd	42,73	de
3	Palma africana	6,53	abc	5,73	abcd	46,90	cde
4	Teca	6,50	abc	5,83	abcd	83,57	bcde
5	Quinua	6,00	bc	5,47	d	129,00	ab
6	Ciclo Corto	5,87	c	5,57	cd	185,60	a
7	Cítricos	6,83	ab	5,97	abc	98,93	bcde
8	Banano	7,00	a	6,07	ab	61,27	bcde
9	Frutales	6,80	ab	6,07	ab	118,47	abc
10	Guanábana	6,47	abc	5,73	abcd	89,50	bcde
11	Cacao CCN-51 (Agron.)	6,57	abc	5,90	abcd	97,77	bcde
12	Cacao Nacional (Agron)	6,37	abc	5,90	abcd	45,17	de
13	Banano (Agron)	6,77	ab	5,77	abcd	35,20	e
14	Ciclo corto (T.Agron)	6,30	abc	5,67	abcd	68,30	bcde
15	Braquiaria (E. Menores)	6,90	a	6,10	a	109,00	bcd
16	Pasto Saboya	7,07	a	5,80	abcd	50,93	cde
17	Pasto Saboya	6,70	abc	5,73	abcd	48,03	cde
18	Pasto Saboya	6,60	abc	5,60	bcd	43,47	de
19	Pasto Saboya	6,53	abc	5,73	abcd	50,93	cde
20	Pasto Saboya	6,50	abc	5,57	cd	34,90	e
x̄		6,58		5,78		75,78	
CV (%)		4,19		2,73		65,89	

Elaborado por: Autor.

4.3. Análisis general de las concentraciones en los sitios de uso agrícola.

4.3.1. Contenido de N, P, K en los cultivos perennes.

En los sitios de uso agrícola del Campus “La María” que corresponde a cultivos perennes (tabla 7), mediante análisis de laboratorios de encontró lo siguiente: Bajos contenidos de NH_4^+ , P-Olsen y alto en K presentaron los cultivos de Plátano, Cacao Nacional (Agron) y Palma Africana según los requerimientos presentados por Munévar (47), Flores (48) y Carrillo et al (49); donde se deben realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados; además en los cultivos de banano se deben aplicar fertilizaciones de los tres macro elementos por su deficiencia; en el Cacao CCN-51 solo deben realizar aplicaciones de fertilizantes fosfatados que demuestra Ivonne et al (50); y en los frutales solo realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados o inclusión de leguminosas forrajeras según Conde (51); mientras tanto en los cultivos como la guanábana, cítricos y la teca no necesitan aplicaciones de fertilizantes de acuerdo a lo reportado por Nutrinet (52) y Solares (53).

Tabla 7. Tabla de nutrientes y requerimientos de los cultivos perennes NH_4^+ , P-Olsen y K.

Cultivos Perennes												Observación
#	Sitios de uso agrícola	Nutrientes en el suelo (ppm)				Requerimiento del cultivo (ppm)						
		N	Nivel	P-Olsen	Nivel	K	Nivel	N	P-Olsen	K	Fuente	
1	Plátano	17,87	Baja	7,74	Baja	561,6	Alta	110	52,5	215	(47)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
3	Palma africana	24,4	Baja	7,4	Baja	468	Alta	100	75	125	(49)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
4	Teca	21,07	Baja	15,06	Alta	682,5	Alta	7	1,3	6,22	(53)	Incorporar leguminosas.
7	Cítricos	25,92	Alta	71,37	Alta	635,7	Alta	11	2,61	23,65	(52)	Aplicaciones de mantenimiento.
8	Banano	22,9	Baja	20,66	Baja	425,1	Alta	161	16	489,5	(52)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
9	Frutales	24,68	Baja	44,31	Baja	713,7	Alta	50	5,5	45,65	(51)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
10	Guanábana	27,9	Alta	76,4	Baja	592,8	Alta	13,5	14,5	19	(51)	Incorporar fertilizantes fosfatados.
11	Cacao CCN-51 (Agron.)	19,91	Baja	18,21	Baja	475,8	Alta	219	24	316,5	(50)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
12	Cacao Nacional (Agron)	21,13	Baja	8,82	Baja	327,6	Alta	69	193,5	126,5	(48)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
13	Banano (Agron)	15,3	Baja	11,21	Baja	444,6	Alta	161	16	489,5	(52)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.

4.3.2. Contenido de pH y conductividad eléctrica.

En los sitios de uso agrícola del Campus “La María” que corresponde a cultivos perennes (tabla 8), mediante análisis de laboratorios de encontró lo siguiente: Bajos contenidos de pH presentó el cultivos de Plátano según los requerimientos presentados por Munévar (47) , donde se debe realizar aplicaciones de cal para mejorar la acidez del suelo y llevarla a la neutralidad; en los cultivos de Banano, Frutales, Palma Africana, Cacao CCN-51 y Cacao Nacional se encuentran en niveles óptimos que demuestra Nutrinet (52), Conde (51), Carrillo et al (49), Ivonne et al (50) y Torres (54); en el cultivo de guanábana, en los cítricos y en la teca presentaron niveles altos en pH aseveran Nutrinet (52) y Solares (53). En la variable conductividad eléctrica se encuentran en niveles óptimos por encontrarse por debajo de los rangos aceptables por los cultivos.

Tabla 8. *Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos perennes en pH H₂O y conductividad eléctrica.*

Cultivos Perennes							
#	Sitios de uso agrícola	Resultados obtenidos		Requerimiento del cultivo		Fuente	Rangos
		pH H ₂ O	CE µS/cm	pH H ₂ O	CE µS/cm		
1	Plátano	5,8	32,2	6.0 - 7.0	150	(47)	Nivel bajo en pH
3	Palma africana	6,9	22,83	5.6 - 7.4	1000	(52)	Nivel optimo
4	Teca	7,17	23,3	55 - 6.0		(52)	Alto en pH
7	Cítricos	7,37	39,07	5.0 - 6.0	1700	(51)	Alto en pH
8	Banano	7,1	18,3	6.0 - 7.5	150	(55)	Nivel optimo
9	Frutales	7,53	41,5	6.0 - 8.0	640	(52)	Nivel optimo
10	Guanábana	7,4	44,33	5.5 - 7.0	640	(49)	Alto en pH
11	Cacao CCN-51 (Agron.)	6,93	28,83	6.0 - 7.5	416	(50)	Nivel optimo
12	Cacao Nacional (Agron)	6,57	64,4	6.0 - 7.5	416	(50)(54)	Nivel optimo
13	Banano (Agron)	6,87	28,4	6.0 - 7.5	150	(53)	Nivel optimo

4.3.3. Contenido de N, P, K en los cultivos anuales.

En los cultivos anuales (tabla 9) de uso agrícola del Campus “La María”, se demuestra lo siguiente: Bajos contenidos de NH_4^+ , P-Olsen y alto en K presentaron el cultivo de maíz y el área de ciclo corto (T. Agron) según los requerimientos presentados por Deras (56); donde se deben realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados; además en el sitio de ciclo corto solo deben realizar aplicaciones de fertilizantes fosfatados que demuestra Deras (56); y en el cultivo de quinua no necesitan aplicaciones de fertilizantes por lo presentado por Huamán (57).

4.3.4. Contenido de pH y conductividad eléctrica en los cultivos anuales.

En los cultivos anuales (tabla 10) de uso agrícola del Campus “La María”, se demuestra lo siguiente: niveles óptimos presentaron el cultivo de maíz y las áreas de ciclo corto según los requerimientos presentados por Deras (56); y en el cultivo de quinua se encuentra con un nivel alto de pH por lo requerido por las plantas presentado por Huamán (57). En la variable conductividad eléctrica se encuentran en niveles óptimos por encontrarse por debajo de los rangos aceptables por los cultivos.

Tabla 9. Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos anuales NH_4^+ , P-Olsen y K

Cultivos anuales												
#	Sitios de uso agrícola	Nutrientes en el suelo (ppm)						Requerimiento del cultivo (ppm)				Observación
		N	Nivel	P-Olsen	Nivel	K	Nivel	N	P-Olsen	K	Fuente	
2	Maíz	22,22	Baja	2,49	Baja	85,8	Baja	93,5	19	96	(56)	Incorporar abonos completos.
5	Quinua	12,82	Baja	10,18	Media	483,6	Alta	25	3,5	14.11	(57)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
6	Ciclo Corto	16,94	Baja	7,83	Baja	374,4	Alta	93,5	19	96	(56)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
14	Ciclo corto (T.Agron)	17,17	Baja	6,3	Baja	569,4	Alta	93,5	19	96	(56)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.

Tabla 10. Tabla de los nutrientes y requerimientos de los cultivos anuales en pH H_2O y conductividad eléctrica.

#	Sitios de uso agrícola	Resultados obtenidos		Requerimiento del cultivo		Cita	Rangos
		pH H_2O	CE $\mu S/cm$	pH H_2O	CE $\mu S/cm$		
2	Maíz	6,47	24,63	5.5 - 7.3	1700	(56)	Nivel óptimo
5	Quinua	7	34,9	5.5 - 5.8	4000	(57)	Nivel alto
6	Ciclo Corto	7,17	32,33	5.5 - 7.3	1700	(56)	Nivel óptimo
14	Ciclo corto (T.Agron)	7,03	31,5	5.5 - 7.3	1700	(56)	Nivel optimo

4.3.5. Contenido de N, P, K en las gramíneas.

En las gramíneas (tabla 11) de uso agrícola del Campus “La María”, se demuestra lo siguiente: Bajos contenidos de NH_4^+ , P-Olsen y alto en K presentaron en las diferentes áreas donde se encuentran establecidos los pastos Brachiaria y saboya, por importancia del cultivo en general se deben realizar fertilizaciones periódicas de fertilizantes nitrogenados y a su vez optar por leguminosas que fijen nitrógeno y que sirvan de alimento para el ganado.

4.3.6. Contenido de pH y conductividad eléctrica en las gramíneas.

En los cultivos anuales (tabla 10) de uso agrícola del Campus “La María”, se demuestra lo siguiente: niveles óptimos presentaron todos los sitios donde se encuentra el pasto saboya según los requerimientos presentados por Erazo (58); y en el pasto brachiaria se encuentra un nivel alto en pH por lo requerido por las plantas presentado por Navajas (59). En la variable conductividad eléctrica se encuentran en niveles óptimos por encontrarse por debajo de los rangos aceptables por los cultivos.

Tabla 11. Tabla de los nutrientes y requerimientos de las gramíneas NH_4^+ , P-Olsen y K.

Gramíneas												Observación
#	Sitios de uso agrícola	Nutrientes en el suelo (ppm)						Requerimiento del cultivo (ppm)				
		N	Nivel	P-Olsen	Nivel	K	Nivel	N	P-Olsen	K	Fuente	
15	Braquiaria (E. Menores)	18,68	Baja	6,86	Baja	639,6	Alta	115	9,81	20,75	(59)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
16	Pasto Saboya	17,14	Baja	2,23	Baja	237,9	Alta	161	63	202,5	(58)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
17	Pasto Saboya	23,87	Baja	8,5	Baja	210,6	Alta	161	63	202,5	(58)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
18	Pasto Saboya	17,31	Baja	6,55	Baja	210,6	Alta	161	63	202,5	(58)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
19	Pasto Saboya	17,57	Baja	3,37	Baja	854,1	Alta	161	63	202,5	(58)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
20	Pasto Saboya	19,21	Baja	3,58	Baja	514,8	Alta	161	63	202,5	(58)	Incorporar fertilizantes nitrogenados y fosfatados.

Tabla 12. Tabla de los nutrientes y requerimientos de las gramíneas en pH H₂O y conductividad eléctrica.

Gramíneas							
#	Sitios de uso agrícola	Resultados obtenidos		Requerimiento del cultivo		cita	Rangos
		pH H ₂ O	CE µS/cm	pH H ₂ O	CE µS/cm		
15	Braquiaria (E. Menores)	6,87	39,53	4.5 - 5.5	269	(59)	Alto nivel
16	Pasto Saboya	6,63	57,5	5.0 - 8.0	990	(58)	Nivel óptimo
17	Pasto Saboya	7	24,83	5.0 - 8.0	990	(58)	Nivel óptimo
18	Pasto Saboya	7,33	27,2	5.0 - 8.0	990	(58)	Nivel óptimo
19	Pasto Saboya	7,17	22,13	5.0 - 8.0	990	(58)	Nivel óptimo
20	Pasto Saboya	7,07	24,57	5.0 - 8.0	990	(58)	Nivel óptimo

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

En la presente investigación se estudiaron las propiedades químicas (N, P, K), pH y CE de la capa cultivable de los suelos del campus “La María”, resultando las siguientes conclusiones:

- En los sitios evaluados el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) de la capa cultivable del Campus “La María” entre los sitios de uso agrícola, donde se observó deficiencias en los contenidos de nitrógeno y fósforo, mientras que el contenido de potasio óptimos y elevados en los diferentes sitios de cultivos.
- El pH presentó promedios de 6,58 pH H₂O y 5,78 pH CaCl₂, siendo nivel de pH neutro y medianamente ácido respectivamente, considerados óptimos para el desarrollo de los cultivos anual, perennes y gramíneas.
- La conductividad eléctrica de la capa cultivable se encuentra en niveles óptimos en los cultivos anual presentaron promedios de 80,01 μ S/cm en gramíneas fue de 56,21 μ S/cm y cultivos perennes 75,28 μ S/cm, considerado niveles inferiores respecto al rango óptimos.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda hacer las aplicaciones de fertilizante nitrogenado o colocar leguminosas que capten nitrógeno atmosférico y fosfatado acorde a las dosis razonadas, no obstante, el contenido de potasio se encuentra en rangos muy altos en los diferentes sitios de uso agrícolas donde debería cultivarse más especies perennes como musáceas o especies forestales a lo largo del Campus “La María”.
- Realizar mediciones periódicas de niveles de pH para saber en qué niveles de alcalinidad o acidez encontramos nuestros suelos al comenzar o terminar un ciclo productivo de los cultivos.
- La conductividad eléctrica demuestra que, en los cultivos anual, perennes y gramíneas presentan niveles óptimos, por lo tanto, se debe mantener

cuidadosamente los niveles de las soluciones encontradas en el suelo para esto se debe aumentar las dosis de riego para disolver y arrastrar las sales para obtener las mejores producciones además favorezca a la movilización de nutrientes, agua y sales minerales.

- Realizar análisis foliares para complementar los resultados de los análisis de suelos y que nutrientes son absorbidos por la planta, a fin de establecer con mayor precisión las recomendaciones de fertilización.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

1. Novillo I, Manuel Carrillo, Cargua J, Moreira V, Albán K, Morales F, et al. Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrar*. 2018;23(2):177.
2. Mariela Rodríguez, Víctor J. Flórez. Elementos Esenciales Y Beneficiosos © [Internet]. Bogotá; 2004. Available from: <http://www.cytcd.org>
3. Miguel A. Scalone Echave. Morfología de los suelos [Internet]. 2012. Available from: www.fing.edu.uy/sites/default/files/2012/5922/Capitulo8.pdf
4. Pérez López E. Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *Rev las Sedes Reg* [Internet]. 2013;Vol 14:6–18. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66629448001>
5. Sociedad Internacional de las Ciencias del suelo; Centro Internacional de Referencia e Información en suelos; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Base Referencial mundial del recurso suelo. In 1999. p. 90.
6. Rios K. Determinación de la calidad del suelo, mediante la caracterización física, química y biológica, para proponer un plan de recuperación de suelos en la comunidad sacha runa, parroquia Shell, Cantón Mera, Provincia de Pastaza. Universidad Nacional de Loja; 2016.
7. García A. Un sistema de interpretación del analisis de suelos basado en la concepción causa y efecto. [Internet]. Available from: agarcia@palmira.unal.edu.co%0ARESUMEN
8. Azcárate Pamela, Micaela B, Clara B, Emilio B, Romina F, Nanci K, et al. Métodos de análisis e implementación de calidad en el laboratorio de suelos [Internet]. La Pampa, Argentina; 2017. Available from: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pt_106_kloster.pdf

9. Jorge Cadena. Clasificación y cartografía de suelos del estado de Campeche, México. Vol. 10. Estado de Campeche, México; 2017. 71 p.
10. Jenny H. Los Factores de Formación del Suelo. Vol. 27. México; 2017.
11. Arias M, Manuel N, Rangel N, Carmen M del, López P, Carolina I, et al. El suelo y su multifuncionalidad: ¿ qué ocurre ahí abajo ? 2018;Vol 25(August). Available from: <https://www.researchgate.net/publication/327322518> El
12. Hernán Burbano-Orjuela. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. 2016;33(2):117–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
13. Octavio Enrique Ingaramo. Indicadores físicos de la degradación de suelo. Universidade Da Coruña; 2003.
14. Manual WF use. Los fertilizantes y su uso [Internet]. Vol. 20, Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. París; 1993. 632 p. Available from: www.fertilizer.org
15. García FO. El ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas. Vol. 2, Curso de capacitación y actualización para profesionales en fertilidad de suelos y fertilización. 1996.
16. Rincón L, Gutiérrez F. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Rev Colomb Biotecnol [Internet]. 2012;14(1):285–95. Available from: leceronr@unal.edu.co; faaristizabalg@unal.edu.co
17. T. S. Murrell. Transformación de los nutrientes en el suelo. 2003;Vol 49:4. Available from: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/428A7BFC6E27E1A8852579A3007796F3/\\$FILE/Transformaciones de los nutrientes en el suelo.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/428A7BFC6E27E1A8852579A3007796F3/$FILE/Transformaciones%20de%20los%20nutrientes%20en%20el%20suelo.pdf)

18. Afif, Elías; Palencia, Pedro; Oliveira JA. Aplicación de fuentes de fósforo al suelo en diferentes cortes de césped cultivado. 2013;47:553–66. Available from: www.redalyc.org/articulo.oa?id=30228268003%0ACómo
19. Sanzano A. El potasio del suelo [Internet]. Edafología. 2016. Available from: [http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/El Potasio del Suelo.pdf](http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/El%20Potasio%20del%20Suelo.pdf)
20. Aguado G, Barra E, Hidalgo J, Spínola G, Arturo Aguirre. Dinámica del potasio en suelos agrícolas. Redalyc [Internet]. 2002;36:11–21. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236102>
21. Carvajal RR. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. septiembre. Carlos Naranjo O., editor. Santa Fé de Bogotá, DC; 1997. 5–23 p.
22. Molina E. Acidez y encalado de los suelos. Vol. Primera Ed. San José - Costa Rica; 1999. 42 p.
23. Santiago Federico Sghirla Magno. “Propuesta metodológica para la elaboración del mapa de conductividad eléctrica de los suelos de la republica del Ecuador.” Universidad San Francisco de Quito; 2011.
24. Ariana P. Torres, Diane Camberato, Roberto G. Lopez y MM. Medición de pH y Conductividad Eléctrica en Sustratos. Purdue Ext [Internet]. 2001;1–6. Available from: www.hort.purdue.edu
25. Doerg T, Kitchen NR, Lund ED. Mapeo de conductividad eléctrica del suelo [Internet]. 2016. Available from: http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39_mapeo_conductividad_electrica.pdf
26. Coitiño-lópez J, Barbazán M, Ernst O. Conductividad eléctrica aparente para delimitar zonas de manejo en un suelo agrícola con reducida variabilidad en propiedades físico-

químicas Apparent Electrical Conductivity to Delineate Management Zones in an Agricultural Soil with Reduced Variability i. *Agrociencia Uruguay* [Internet]. 2015;Vol 19:102–11. Available from: javierc@fagro.edu.uy

27. INTAGRI. La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. 26. 2017;5.
28. Martínez-Lagos J, Andías R. Manejando fertilidad del suelo [Internet]. Instituto de investigaciones agropecuarias Inia Remehue. Región de Los Lagos - Chile; 2017. Available from: josue.lagos@inia.cl
29. Sadzawka A, María; C, Grez R, Mora M de la L, Flores H, Neaman A. Metodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Santiago de Chile; 2006. 164 p.
30. Bazán R. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Primera Ed. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, editor. Vol. Primera Ed. Lima, Perú: Marzo 2017; 2017. 92 p.
31. Andrades M, Martínez E. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. [Internet]. Rioja - España; 2014. Available from: <http://publicaciones.unirioja.es>
32. Gallardo JF, Vega CM, Calvache AM. Calidad de análisis de laboratorios de suelos del Ecuador. *Rev Ecuatoriana Investig Agropecu*. 2017;2(2):1–12.
33. Castillo B. Caracterización de las propiedades y fertilidad de los suelos del Cantón Marcabelí, Provincia de El Oro. Universidad Técnica de Machala; 2015.
34. Moscoso C. “Determinación de la respuesta forrajera al uso de dos fuentes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Gallinaza y un Fertilizante Completo) en potreros establecidos de Kikuyo, mejorados con Rye grass y Trébol blanco.” 2016.

35. Gema LP, Antonio ZM. Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de investigación, innovación y desarrollo de la ESPAM- MFL. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2016.
36. Vilca G, Pérez E. Recuperación de suelos degradados en las parcelas agrícolas de la comunidad Rancho Chico, Sector Cochapamba, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. Universidad Técnica del Norte; 2017.
37. Arizala R. Efecto de la tecnología agcelence en el desarrollo y producción del híbrido de maíz iniap`h-601', en la zona de Quinsaloma, provincia de Los Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo; 2015.
38. Hidalgo A. Determinación de las características físico-químicas del suelo y su importancia para la nutrición del cultivo de banano (Musa AAA) variedad Cavendish. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2016.
39. Catuto S. Contribución al uso y manejo sostenible de los suelos en la Finca Ramírez de la Comuna Bambil Deshecho de la Parroquia Colonche Provincia de Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2015.
40. Patricio M, Ludeña L. Análisis y aplicación de técnicas geoestadísticas para la clasificación agrológica de suelos de la hacienda el prado IASA – ESPE. Escuela Politécnica Nacional; 2012.
41. Simbaña M. Determinación de la variabilidad en el grado de fertilidad de los suelos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha. Universidad Central del Ecuador; 2014.
42. Gualato M. Recuperación de suelos deteriorados por actividades agrícolas en la palmicultora “Palmera España”, en la ciudad de la Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, mediante la aplicación de humatos y tamices moleculares. Universidad de la Américas; 2010.

43. Mateo S. Evaluación de la degradación de suelos en dos agro ecosistemas de la granja “Santa Inés” de la Universidad Técnica de Machala. Universidad Técnica de Machala; 2017.
44. Cruzatty G, Luz C, Vollmann S, Juan E. Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. Rev Bras Ciências Agrárias. 2012;Vol 3:456–64.
45. González P, Ordóñez R, Espejo R, Peregrini F. Cambios en el pH del perfil de un suelo ácido. Vol. VI. Madrid, España; 2003.
46. Chavez C, Araya M. Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (Musa AAA) en Ecuador. Agron Mesoam. 2009;20(2):361–9.
47. Flores C. Plan de fertilización del cultivo del platano. Tingo María, Perú; 2013.
48. Carrillo M, Sánchez J, Recalde M, Sánchez J, Moreno R. Manejo de la nutrición del cultivo de cacao en la región de Santo Domingo - Etapa de establecimiento del huerto. Rev Investig Cient UTE. 2012;VOL 3:10 Pag.
49. Munévar F. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos [Internet]. Vol. 22. Bogotá, D.C., Colombia.; 2001. Available from: cenipalab@cable.net.co.
50. Ivonne E, Rojas L, Asociada P. Aspectos para la nutrición del cacao (Theobroma cacao L.). 1998.
51. Conde SJ. Guía de referencia para la interpretación análisis de suelos AGROLAB. 2005.
52. Nutrinet SH. Recomendaciones nutricionales para banana. :72 Pag.
53. Solares A. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plantas de teca (Tectona Grandis L.f.) producidas mediante semilla y clones, en finca la Colorada, Sayaxché, Petén. Universidad Rafael Landívar; 2014.

54. Torres L. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Universidad de Cuenca; 2012.
55. Enrique LIC, Martínez MY, Luis LIC, Gutiérrez C. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda ed. 2013. 578 p.
56. Deras H. Guía técnica, el cultivo del maíz.
57. Huamán H. Manual de nutrición y fertilización de la quinua [Internet]. [Lima, Perú]; Available from: www.care.org.pe
58. Erazo EB. Producción de semilla del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* , Jacq .) sabanera. Codazzi, Cesar;
59. Navajas V. Efecto de la fertilización sobre la producción de biomasa y la absorción de nutrientes en *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria* híbrido Mulato. Universidad Nacional de Colombia; 2011.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Método de análisis químicos en muestras de suelo.

Determinación de NH_4 , P, K, utilizando solución extractora modificada de bicarbonato de sodio (NaHCO_3).

Solución Extractora Olsen Modificado

- a. Mezclar las 3 soluciones (Na HCO_3 , EDTA, superfloc 127) con agua destilada
- b. Llevar a volumen de 10 litros.
- c. Ajustar el pH a (8.5 con NaOH)
- d. Guardar la solución en un frasco de polietileno.

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

1. Colocar 2.5 ml de suelo y 25 ml de la solución extractante en un frasco o vaso de extracción.
2. Agitar a una velocidad lenta (por ejemplo, aproximadamente 400 rpm) durante 10 minutos.
3. Filtrar la solución usando un papel filtro poroso (S y S No. 0860 o Whatman No. 1 o un papel de calidad similar).
4. Con este extracto se determina: NH_4 , P, K, siguiendo la siguiente metodología:

Anexo 2. Determinación de nitrógeno amoniacal.

Aparatos

- Espectrofotómetro colorimétrico
- Balanza analítica
- Bandejas con cubetas
- Frascos de polietileno
- Lavador automático
- Medidores de suelos de capacidad 2.5-5-10 ml
- Pipetas.

Reactivos

- Fenol básico
- Hidróxido de sodio
- Solución de hipoclorito de sodio (Cloretol)
- Agua destilada
- Cloruro de amonio

Procedimiento

1. Tomar 2.5 ml de suelo
2. Agregar 25 ml de solución extractante (Olsen modificado)
3. Agitar 10 minutos y filtrar
4. Tomar 2 ml de filtrado
5. Agregar 8 ml de fenol básico
6. Agregar 10 ml de NaClO (Cloretol)
7. Déjese reposar por 45 minutos sin exponerlo a la luz directa, para mantener por más tiempo el color estable.
8. Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto la solución patrón de 25 ug/ml y como cero la solución extractante, realice las mismas diluciones de las muestras.
9. Léase el porcentaje de transmisión con longitud de onda de 630 nm.

Cálculos

$$N = Lectura . Factor . 10$$

Anexo 3. Determinación de Fósforo.

Aparatos

- Espectrofotómetro colorimétrico
- Balanza analítica
- Frascos de polietileno
- Lavador automático
- Medidores de suelos de capacidad 2.5-5-10 ml

- Pipetas.

Reactivos

- Tartrato de potasio y antimonio
- Ácido sulfúrico concentrado
- Molibdato de amonio
- Goma de acacias q.p.2
- Ácido ascórbico
- Fosfato monobásico

Procedimiento

1. Colocar 2.5 ml de suelo
2. 25 ml de la solución extractante
3. Agitar por 10 minutos a una velocidad de 400 rpm.
4. Tomar 2 ml de alícuota del filtrado
5. Añadir 8 ml de agua destilada
6. Agregar 10 ml del reactivo de color b de molibdato de amonio.
7. Dejar reposar 1 hora
8. Hacer la curva de calibrado tomando como punto alto la solución de 12 ug/ml de p y como cero la solución extractante, realizar las mismas diluciones de las muestras.
9. Leer el porcentaje de transmisión en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 680 nm.

Anexo 4. Determinación de Potasio.

Equipos

- Vasos de precipitación de 50 ml
- Bandejas porta vasos
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Pipetas

Reactivos

- Oxido de lantano
- Ácido clorhídrico concentrado
- Cloruro de potasio
- Carbonato de calcio
- Oxido de magnesio

Procedimiento

1- Tomar 1 ml del extracto, agregar 9 ml de agua destilada y 15 ml de lantano al 1%, leer inmediatamente.

Potasio: Con la lámpara, respectiva y todas las condiciones requeridas en completo orden ingresar los estándares: s2 0.50 – s3 1.00 y s4 2.00meq/100 g; estos valores resultan al utilizar las diluciones 1:10 y 1:25 y las concentraciones de los estándares anteriormente indicados. Las transformaciones a meq/100 g resultan dividiendo la ppm para el peso equivalente por 10: ejemplo $s4=3.12 \times 10 \times 25 = 780 \text{ ppm}$ $s4=780/39 \times 10 = 2.00 \text{ meq/100g}$. Encerar el equipo con la solución estándar 1, luego proceder a calibrar el instrumento con los estándares ingresados previamente; una vez calibrado realizar las lecturas de las muestras las mismas que salen expresadas directamente en meq/100 g.

Anexo 2. Cuadro de resúmenes de análisis de la varianza de las variables en estudio, desde la tabla 7 hasta la tabla 12.

- **Análisis de varianza de los contenidos de Nitrógeno (NH_4^+), Fósforo (P), Potasio (K) de los diferentes tratamientos en el horizonte O.**

Tabla 13. Cuadro de análisis de la varianza del contenido de Nitrógeno (NH_4^+) en el HO de los suelos del Campus "La María".

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	1684,89	19	88,68	73,03	<0,0001
Error	48,57	40	1,21		**
Total	1733,46	59			

ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa.

Tabla 14. Cuadro de análisis de la varianza del contenido de Fósforo (P) en el HO de los suelos del Campus "La María".

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	22029,66	19	1159,46	170,06	<0,0001
Error	272,71	40	6,82		**
Total	22302,38	59			

ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa

Tabla 15. Cuadro de análisis de la varianza del contenido de Potasio (K) en el HO de los suelos del Campus "La María".

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	12,04	19	0,63	40,92	<0,0001
Error	0,62	40	0,02		**
Total	12,66	59			

ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa

- **Análisis de varianza de los contenidos de potencial de Hidrogeno en Agua (pH H₂O) y en Cloruro de Calcio (pH CaCl) y Conductividad Eléctrica (CE) de los diferentes tratamientos en el horizonte O.**

Tabla 16. Cuadro de análisis de la varianza del contenido de pH en Agua (pH H₂O) en el HO de los suelos del Campus "La María".

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	5,20	19	0,27	3,60	0,0003
Error	3,04	40	0,08		**
Total	8,24	59			

ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa

Tabla 17. Cuadro de análisis de la varianza del contenido de pH en Agua (pH CaCl) en el HO de los suelos del Campus "La María".

F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	1,86	19	0,10	3,92	0,0001
Error	1,00	40	0,03		**
Total	2,86	59			

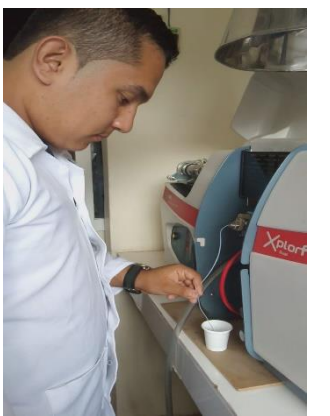
ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa

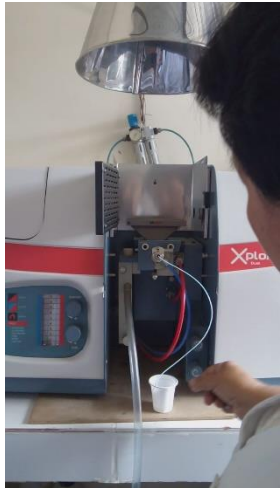
Tabla 18. Cuadro de análisis de la varianza de la Conductividad Eléctrica (CE) en el HO de los suelos del Campus "La María".

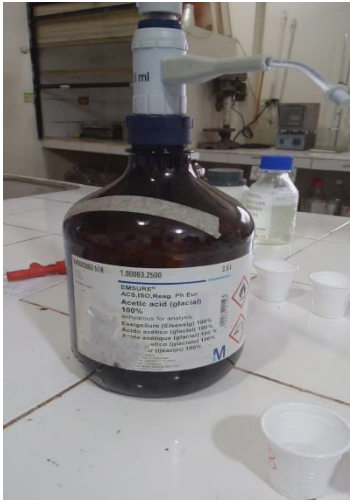
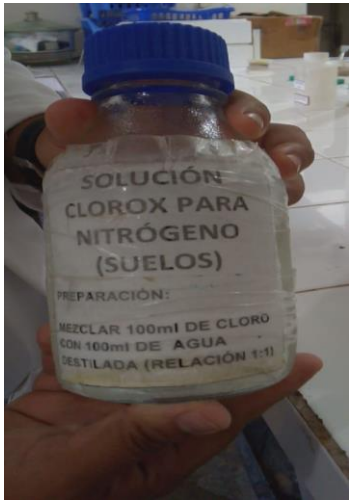
F.V.	SC	Gl	CM	F. Cal	p-valor
Tratamiento	85750,45	19	4513,18	8,06	<0,0001
Error	22406,55	40	560,16		**
Total	108157,00	59			

ns: no significativa; *: significativa; **: altamente significativa

Anexo 3. Actividades desarrolladas en la investigación.

		
Anexo 4. Colocar solución.	Anexo 5. Llenado de muestras.	Anexo 6. Colocar papel filtro.
		
Anexo 7. Colocar reactivo.	Anexo 8. Análisis de muestra en equipo.	Anexo 9. Análisis de muestra en el espectrofotómetro.
		
Anexo 10. Análisis de muestras.	Anexo 11. Equipo de trabajo del laboratorio AgroLab.	

		
Anexo 12. Muestras pesadas y etiquetadas	Anexo 13. Solución Olsen	Anexo 14. Mettler Toledo
		
Anexo 15. Medidor de nitrógeno.	Anexo 16. Conductivímetro	Anexo 17. Medición de potasio.
		
Anexo 18. Filtrado de muestras.	Anexo 19. Reactivos para medir el contenido de nitrógeno y fósforo.	

		
Anexo 20. Reactivo para análisis nitrógeno.	Anexo 21. Reactivo para análisis nitrógeno y fósforo.	Anexo 22. Reactivo para análisis nitrógeno.
		
Anexo 23. Reactivo para análisis nitrógeno.		

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Propiedades químicas Litardo2019.docx (D58464020)
Submitted: 07/11/2019 22:23:00
Submitted By: geovanny.litardo2014@uteq.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

LH_fin.doc (D17732201)
De la Cruz-Mendoza-Mariuxi-Rocio-consulta III.docx (D23918318)
Tesis Joffre Heredia +últimas correcciones 25 04 - 22h00.docx (D51138275)
TESIS MAESTRIA- ING. RAMOS CAROLINA.docx (D49824735)
<https://pt.slideshare.net/Luisamariavaldez/el-suelo-medio-fsico-y-sustrato>
<https://docplayer.es/16125828-Remediacion-de-suelos-clave-iaf-0429.html>
<https://docplayer.es/46443448-Manejo-de-suelo-y-agua.html>

Instances where selected sources appear:

14