

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL



TESIS

**Efecto de la acidez en las propiedades biológicas del
suelo**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

VELIZ ESPIRITU, MARITZA NEYDA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA EN CIENCIAS AGRARIAS

ESPECIALIDAD: AGRONOMÍA

SATIPO – PERÚ

2023

ASESOR

M Sc. CARLOS FAUSTINO MARCELO OYAGUE



ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL
Grados y Títulos

INFORME 09-2024-CFMO-FCA-UNCP

Al : Dr. Luis Enrique Bazán Alonso
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias
Del : M Sc. Carlos Marcelo Oyague
Asesor de Tesis
Asunto : Informe reporte de similitud de contenido (TURNITIN)
Interesado : Veliz Espiritu, Maritza Neyda
Fecha : 10 de enero del 2024
Referencia : Reporte de turnitin

Mediante el Presente me dirijo a usted, después de haber procedido a la verificación de similitud con el **TURNITIN** en cumplimiento a la ley Universitaria N° 30220, Estatuto de la UNCP, Reglamento de investigación y a la Resolución N° 2064-CU-2017 del Código de Ética de Investigación de la UNCP, el resultado fue el siguiente:

Título de la tesis	Tesista	Resultado de similitud
Efecto de la acidez en las propiedades biológicas del suelo	Veliz Espiritu, Maritza Neyda	19 %

Para lo cual se adjunta el reporte y se informa para los fines correspondientes, debido a que alcanzo un porcentaje aceptable de acuerdo a reglamento (19 % de similitud).

Atentamente,

M. Sc Carlos Faustino Marcelo Oyague
Asesor

Veliz. 2023. Efecto de la acidez en las propiedades biológicas del suelo

por Carlos Faustino Marcelo Oyague

Fecha de entrega: 10-ene-2024 06:22p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2269113574

Nombre del archivo: Efecto_de_la_acidez_en_las_propiedades_biol_gicas_del_suelo.docx (12.85M)

Total de palabras: 7707

Total de caracteres: 40467



Veliz. 2023. Efecto de la acidez en las propiedades biológicas del suelo

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	6%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	3%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	academica-e.unavarra.es Fuente de Internet	1%
5	slideplayer.es Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.espe.edu.ec:8080 Fuente de Internet	1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	1%



9	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1 %
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
12	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	www.intagri.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1 %

20 repositorio.unas.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

21 dspace.esPOCH.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

22 José Armando Ulloa, Mayte Carolina Villalobos Barbosa, Juan Alberto Resendiz Vazquez, Petra Rosas Ulloa et al. " Production, physico-chemical and functional characterization of a protein isolate from jackfruit () seeds ", CyTA - Journal of Food, 2017 <1 %
Publicación

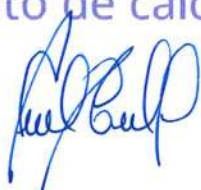
23 Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote <1 %
Trabajo del estudiante

24 Submitted to Universidad de Oviedo <1 %
Trabajo del estudiante

25 agua.org.mx <1 %
Fuente de Internet

26 "Estudio de la susceptibilidad al pulimento de los agregados utilizados en pavimentos de Chile", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2012 <1 %
Publicación

27 Niyer Obed Morera Perilla, Diego Mauricio Riaño Peña, Amanda Silva Parra. "Influencia del uso de carbonato de calcio en la



fertilización de Brachiaria decumbens y
Brachiaria dictyoneura", Revista Sistemas de
Producción Agroecológicos, 2018

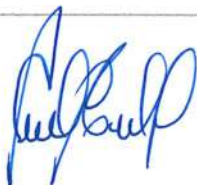
Publicación

28

www.engormix.com

Fuente de Internet

<1%



Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Agradecer a Dios por la vida y a mi familia por apoyarme en cada decisión, y permitirme cumplir con excelencia en desarrollo de esta tesis.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy hoy en día; todos mis logros se los debo a ustedes. Me formaron con reglas de buena conducta y me motivaron constantemente a alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mis pasos.

A la Universidad Nacional del Centro del Perú, que me dio la bienvenida y me brindó oportunidades.

Agradezco mucho el apoyo de mis maestros, mis compañeros y la universidad en general por los conocimientos que me brindaron.

A mis padres que me apoyaron para estudiar, a los docentes de la facultad por compartir sus conocimientos y exigirme en mejorar y a mis amigos por su apoyo

ÍNDICE

RESUMEN	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	11
2.1. Antecedentes	11
2.2. El suelo	12
2.3. pH del suelo	12
2.4. Acidez del suelo	12
2.5. Influencia del pH en las características químicas del suelo.....	13
2.5.1. Capacidad de intercambio catiónico	13
2.5.2. Nitrógeno	13
2.5.3. Fósforo.....	13
2.5.4. Calcio, magnesio y potasio	14
2.5.5. Aluminio	14
2.5.6. Conductividad eléctrica	15
2.6. Efecto del pH en la actividad microbiana.....	15
2.6.1. Materia orgánica	15
2.6.2. Lombrices	15
2.7. Marco legal.....	15
2.8. Sustento de hipótesis.....	16
2.9. Formulación	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Características del campo experimental.....	17
3.2. Materiales, insumos y equipos	17
3.2.1. Materiales	17
3.2.2. Equipos.....	17
3.3. Tipo y nivel de investigación	17
3.4. Metodología de investigación	17

3.4.1. Población y muestra.....	17
3.4.2. Variables.....	18
3.5. Diseño experimental.....	18
3.6. Operacionalización de variables.....	18
3.7. Contratación o prueba estadística	19
3.7.1. Modelo de observación	19
3.8. Plan de ejecución.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
4.1. Evaluar la influencia de la acidez en las propiedades químicas del suelo.....	21
4.2. Evaluar la influencia de la acidez en las propiedades biológicas del suelo.	32
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. RECOMENDACIONES	36
VII. BIBLIOGRAFÍA	37
VIII. ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la conductividad eléctrica (C.E. dS/cm) del suelo.....	21
Tabla 2. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la materia orgánica en el suelo.....	22
Tabla 3. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el nitrógeno (Kg/ha/año) en el suelo.....	23
Tabla 4. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el fósforo en el suelo.....	24
Tabla 5. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el potasio en el suelo.	25
Tabla 6. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.....	26
Tabla 7. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el calcio en el suelo.	28
Tabla 8. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el magnesio en el suelo. ...	29
Tabla 9. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el aluminio en el suelo.	30
Tabla 10. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el PSAI en el suelo.	31
Tabla 11. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la liberación del CO ₂ en la respiración microbiana del suelo.	32
Tabla 12. Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el número de lombrices en el suelo.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto del pH en relación a la conductividad eléctrica.	21
Figura 2. Efecto del pH en relación al contenido de la materia orgánica del suelo	22
Figura 3. Efecto del pH en relación al contenido de nitrógeno en el suelo.	24
Figura 4. Efecto del pH en relación al contenido de fósforo en el suelo.	25
Figura 5. Efecto del pH en relación al contenido de potasio en el suelo.	26
Figura 6. Efecto del pH en relación a la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.	27
Figura 7. Efecto del pH en relación al contenido de calcio en el suelo.	28
Figura 8. Efecto del pH en relación al contenido de magnesio en el suelo.	29
Figura 9. Efecto del pH en el contenido de aluminio en el suelo.	30
Figura 10. Efecto del pH en relación al porcentaje de sodio intercambiable en el suelo.	31
Figura 11. Efecto del pH en el suelo en relación a la liberación del CO ₂ durante la respiración microbiana.	32
Figura 12. Efecto del pH en la presencia de lombrices en el suelo.	33

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó para evaluar la influencia de la acidez del suelo en sus propiedades biológicas, se planteó el problema ¿cómo influye la acidez del suelo, en las propiedades biológicas en suelos en Pangoa?, cuya hipótesis fue, a mayor acidez del suelo será menor la actividad biológica, influyendo negativamente en las propiedades biológicas, los objetivos fueron, evaluar la influencia de las propiedades químicas en la población de la fauna benéfica y evaluar la influencia de la acidez en las propiedades biológicas del suelo. La metodología empleada fue el diseño transversal, el muestreo utilizado fue aleatorio estratificado, la población para este estudio fue 1 kg de suelo bien homogenizada de 16 calicatas, de aproximadamente 2 hectáreas de terreno. Los resultados demuestran un bajo contenido de materia orgánica (< a 2 %), niveles muy bajos de fósforo (valores menores a 7 ppm), en suelos ligeramente ácidos se incrementa a nivel medio (valores menores a 20 ppm), observando mayor disponibilidad de fósforo a pH entre 6,5 y 7,5; la CIC es bajo en suelos ácidos, muy altos en suelos ligeramente ácidos, cuando el pH aumenta hay incremento en las cargas negativas, el aluminio se precipita y la concentración de hidrogeniones disminuye, entonces la CIC aumenta. En suelos ácidos el contenido de potasio es bajo, el calcio y magnesio haciéndose menos disponible para las plantas; pero, a mayor pH mejora el contenido de estos elementos y aumenta su solubilidad, finalmente se demuestra que al incremento del pH disminuye la actividad respiratoria de microorganismos, mientras que no se afecta la cantidad de lombrices del suelo.

I. INTRODUCCIÓN

Pangoa y toda la selva central del Perú presentan varios tipos de suelo el cual favorece a la agricultura; sin embargo, esta variabilidad de suelos es un reto para poder alcanzar una producción rentable, su uso indiscriminado puede causar el deterioro del recurso suelo, este problema que afecta la fertilidad por lo que se limita la producción agrícola, pues una de las formas de degradación del suelo es la acidez. Asimismo, algunas de las propiedades químicas y biológicas de los suelos agrícolas guardan cierta relación con la acidez de manera directa y particular (Molina, 1998).

Al respecto Rodríguez y Chavarría (1993) indica que el pH influye en las actividades microbianas en el suelo, afectando en algunos de los casos la actividad de las bacterias responsables de la nitrificación; para ampliar la percepción Piedrahíta (2009) indica que los microorganismos del suelo disminuyen su eficiencia en suelos ácidos y que los microorganismos que descomponen la materia orgánica funcionan mejor en un pH de suelo 8.0 y baja su eficiencia en un pH de suelo de 6.0.

Considerando que la acidez del suelo, produce cambios en las características químicas y su composición biológica, se planteó el siguiente problema ¿cómo influye la acidez del suelo, en las propiedades químicas y biológicas en suelos de Pangoa?, cuya hipótesis fue que a mayor acidez del suelo menor es la actividad biológica e influye negativamente en las propiedades químicas del suelo. Para probar la hipótesis se planteó los siguientes objetivos:

- Evaluar la influencia de la acidez en las propiedades químicas del suelo.
- Evaluar la influencia de la acidez en las propiedades biológicas del suelo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Antecedentes

Guillen *et al.*, (2006) indican que, determinaron la relación entre la diversidad y cantidad de los colémbolos en tres tipos de estrato (bosque primario, secundario y un cafetal). Como resultado se obtuvo que la mayor diversidad de colémbolos se encuentra en los bosques primarios, en donde los niveles de materia orgánica y biomasa microbiana son elevados. Y la mayor cantidad se encontró en los suelos con cafetales. También determina que el pH ejerce una barrera selectiva para muchas especies.

Mogollón y Martínez (2009) menciona que, realizó un trabajo con el objetivo de estudiar la variación de la respiración basal, el carbono de la biomasa microbiana y la actividad ureásica de suelo, como resultados de cambios asociados a la vegetación en la sierra de San Luis. Se muestrearon áreas desde los 720 m.s.n.m. hasta los 1400 m.s.n.m. Se tomó seis muestras por área de los suelos, a diez centímetros de profundidad. En los resultados se observó que la mayor respiración basal fue a los 1400msnm y 1320 msnm. Por lo que se concluyó que a mayor altitud existe mayor cobertura vegetal y es donde existirá mayor actividad biológica de los suelos.

Fernández *et al.*, (2011) indican que, realizaron un estudio sobre la identificación de insectos asociados a suelos sulfatados ácidos, donde realizó la comparación de diferentes sistemas productivos del departamento de Córdoba – Colombia. En donde se escogieron 06 parcelas, en cada uno de los lotes se tomaron muestras de tres kilogramos de suelo, donde fueron extraídas a una profundidad de 25 cm, de este 1 kilogramo se usó para la determinación del parámetro físico y químico y 2 kilogramos para el estudio de la entomofauna. Se obtuvo que las áreas muestreadas presentan suelos sulfatados ácidos, esto por los valores extremos de acidez intercambiable que presentan. Se colectaron 33 especies de insectos, donde las más abundantes fueron los carábidae.

2.2. El suelo

“Es una capa superficial de la tierra, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de factores bióticos como abióticos que actúan el material parental, la roca madre” (León, 2011, p. 17).

Los organismos forman parte del proceso de formación del suelo, dentro de estos se encuentran macroorganismo, mesoorganismo y microorganismos, que influyen en las propiedades físicas y químicas del suelo, aportando material orgánico como fuente de nutrientes, transformando los diferentes compuestos (Guillen *et al.*, 2006),

2.3. pH del suelo

“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” (Ramírez. 1997, p.13).

“El pH del suelo expresa el grado de acidez del suelo, es decir la concentración (en forma logarítmica) de hidrogeniones H^+ que existen en el suelo” (Soriano, 2018, p. 2).

El rango de pH va de 0 a 14 y en suelos agrícolas el valor normal varía entre 4 y 10, cuando el pH del suelo es más bajo, habrá más Al^{3+} y las altas concentración de este catión intercambiable resulta tóxicas para el suelo; mientras el pH es mayor de 5.5 se neutraliza el Al^{3+} y por lo general ya no es problema para crecimiento y desarrollo de cafetales (Sadeghian, 2016, p. 2)

2.4. Acidez del suelo

En los suelos agrícolas la acidez de los suelos es generado por la continua meteorización química, en donde se pierde los cationes, como sodio, magnesio, potasio y calcio y a la vez aumentan el hierro, aluminio y manganeso conocidos como cationes metálicos, y estas sufren un proceso de hidrólisis acida. En este proceso de hidrólisis el pH del suelo desciende hasta 4,2. Asimismo los suelos agrícolas en donde las precipitaciones son elevadas se pueden acidificar por efecto de la lixiviación (Zapata, 2004).

Piedrahita (2009) menciona que, clasifica la acidez en: acidez activa y acidez intercambiable, en la que a la primera da énfasis a la estimación de la existencia de iones hidrogeno en la solución del suelo, mientras la segunda estima la presencia de iones hidrogeno en la solución del suelo como la de iones aluminio y $Al(OH)_x+(3-X)$.

Por otra parte, Molina (1998) indica que la acidez afecta a las características químicas y biológicas de los suelos, generando una disminución en la disponibilidad del macro y micro elementos presentes en el suelo y liberan aluminio y manganeso en niveles elevados y que estos a la vez generan toxicidad a los cultivos en el suelo

Cuando los suelos se acidifican disminuyen la capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases, se incrementa el aluminio intercambiable, mientras que el calcio, magnesio y fósforo tienen baja disponibilidad de asimilación (Quirós y González, 1979).

Cuando se incrementa la acidez causa alteraciones afectando a la actividad de los microorganismos y la disponibilidad del macro y micro elemento. En arcillas saturadas de H^+ se provoca la liberación de Fe^{3+} , Al^{3+} , Mn^{4+} porque sus sitios de intercambio son inestables (Zapata, 2004).

2.5. Influencia del pH en las características químicas del suelo

2.5.1. Capacidad de intercambio catiónico

Ramírez (1997) indica que, la capacidad de intercambio catiónico depende de la fracción arcilla y materia orgánica presente en el suelo. CIC se refiere al número de cargas negativas del suelo expresada en meq/100g. de suelo. “Cuando el pH aumenta hay incremento en las cargas negativas, ya que el aluminio se precipita, concentración de hidrogeniones disminuye, por lo tanto, la CIC aumenta” (p. 12).

Asimismo, Ramírez, (1997) señala que, “muestra que los valores altos de CIC presenta una gran disponibilidad de elementos del suelo. Menores a 10 meq/100g.s. son bajos, entre 10 y 20 medios, de 20 a 30 altos y mayores a 30 meq/100g.s. muy altos” (p.12)

2.5.2. Nitrógeno

La mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos influirá determinantemente en la disponibilidad del nitrógeno, pues el proceso de mineralización se lleva a cabo a valores cercanos a pH 7 por bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación del nitrógeno. En suelos con pH bajo (<5.5); y en suelos de pH bajo (<5.5) se limita nitrificación y la descomposición de la materia orgánica del suelo (Osorio, 2012).

2.5.3. Fósforo

La mayor parte de la fijación de fósforo ocurre a valores de pH muy bajos o muy altos. “Cuando el pH sube desde menos de 5 hasta 6, los fosfatos de

hierro y aluminio se hacen algo menos solubles y cuando el pH cae desde más de 8 hasta menos de 6, los fosfatos de calcio incrementan su solubilidad” (Sanzano, s.f., p.1).

Respecto al fósforo, Sanzano (s.f.) indica que:

El fósforo soluble es las formas aprovechables para las plantas y en suelos muy ricos la concentración puede llegar hasta 1 mg/L (1 ppm) y en suelos pobres a 0,1 mg/L. Las formas solubles de fósforo en el suelo son los fosfatos diácidos (H_2PO_4^-) y monoácidos ($\text{HPO}_4^{=}$). La concentración de los iones fosfatos en solución está relacionada con el pH de la misma. El ion H_2PO_4^- es favorecido por los pH más altos. (p.1)

Ramírez (1997) menciona que, al describir la acción de pH en la solubilidad del hierro y aluminio, indica que:

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. (p.13)

2.5.4. Calcio, magnesio y potasio

“Estos elementos aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos. la CIC disminuye y, por lo tanto, aumenta la posibilidad de que estos elementos sean lavados del perfil” (Ramírez, 1997, p.13)

2.5.5. Aluminio

“Su presencia genera toxicidad y es un factor importante que limita el crecimiento de las plantas en suelos ácidos con pH inferiores a 6,0” (Demenet, 2017, p. 1)

Por su parte Espinoza y Molina, (2015), indican que:

La presencia de aluminio Al^{3+} en la solución del suelo induce el desarrollo de la acidez, pues los iones Al^{3+} se desplazan de las arcillas por otros cationes y reacciona con el agua liberando iones de hidrogeno, provocando una baja del pH. Este incremento en acidez

promueve la presencia de más Al^{3+} listo para reaccionar nuevamente. (p. 4).

2.5.6. Conductividad eléctrica

La concentración de sales solubles en la solución del suelo se mide a través de la conductividad eléctrica, pues a mayor CE mayor es la concentración de sales. En la agricultura se opta un suelo con baja conductividad eléctrica, en lo posible menor a 1dS m^{-1} ($1+5 \text{ v/v}$). cuando hay presencia de sales afecta la asimilación de los nutrientes por las plantas como también el proceso de la actividad microbiana (Barbar *et al.*, s.f.)

2.6. Efecto del pH en la actividad microbiana

“La acidificación del suelo inhibe el crecimiento microbiano y conduce a la reducción de la diversificación de los microbios habitantes del suelo” (Zúñiga y Ramos, 2008, p. 125).

El pH es un factor que influye en la propagación de los microorganismos, donde algunas bacterias por lo general se desarrollan a pH bajos (3.0) y los hongos a pH 1.0. Sin embargo, el rango óptimo es a pH 6.0 a 8.5. Por otra parte, indica que el factor biótico interviene en la acidez del suelo ya que los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida (Cervantes *et al.*, 2017).

2.6.1. Materia orgánica

Los encargados de fragmentar la materia orgánica en partículas más pequeñas son los organismos de la fauna del suelo, para luego permitir que otros organismos especializados como son los hongos, bacterias y actinomicetos puedan seguir el proceso de desdoblamiento de componentes del material (Demenet, 2017, p. 1).

2.6.2. Lombrices

León, (2011), al referirse a las lombrices, afirma que:

Con los excrementos que almacenan en la superficie del suelo fluctúan entre 10 a 90 toneladas por manzana al año y aportan entre 3 a 4 veces más nutrientes disponibles que un suelo sin lombrices, pues aumentan el nivel de fósforo, potasio, magnesio, nitratos y calcio, disminuyendo la acidez de la tierra: (p. 58)

2.7. Marco legal

El suelo es un recurso natural renovable y fundamental para la producción agrícola y la alimentación del ganado. Su aprovechamiento de acuerdo a su vocación natural o

potencial de las tierras con aptitud agrícola, con aptitud para pastos y con aptitud forestal, permite generar mejores condiciones para el desarrollo de la competitividad agrícola, pecuaria y forestal (MINAGRI, 2016).

La R.M. N° 0355-2015- MINAGRI. Indica que es necesario contar con la clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor sustentado en un estudio de levantamiento de suelos que determine si las tierras tienen aptitud para el cultivo, pastos o aptitud forestal (MINAGRI, 2015). Para adquirir dicho propósito se requiere de cartografiar dichas unidades y facilitar la predicción de las propiedades del suelo (FAO, 2021)

2.8. Sustento de hipótesis

Soriano (2018) menciona que, en suelos con pH inferiores a 6 (ligeramente ácidos o extremadamente ácidos) existirá una limitada actividad de los microorganismos en el suelo. Ya que la existencia de una acidez excesiva en los suelos daña la presencia en números y diversidad de microorganismos tales como gusanos de tierra, hongos, algas y bacterias y se pierde totalmente el proceso de nitrificación si el pH llega a niveles menores de 4.5. A diferencia de suelos con pH neutros existe mayor actividad microbiana y mayor presencia en diversidad de los microorganismos en especial si los suelos tienen presencia de carbonatos.

2.9. Formulación

La acidez del suelo afecta a las características químicas del suelo y a mayor acidez del suelo menor es la actividad biológica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del campo experimental

El trabajo de investigación se ejecutó en el distrito de Pangoa, Provincia de Satipo, región Junín, geográficamente se encuentra a la latitud sur 11°43' 07.59" de la línea ecuatorial y a la latitud oeste 74°48' 89.97" del meridiano de Greenwich, el experimento se encuentra a una altitud de 788 m.s.n.m., a una temperatura promedio de 22°C por año, con precipitación anual de 2 200 mm, con una humedad relativa de 77% y un clima sub tropical húmedo.

3.2. Materiales, insumos y equipos

3.2.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron fueron baldes, pala derecha, costal, bolsas polietilenos, etiquetas de identificación, tijera cinta de color, flexómetro, materiales de escritorio.

3.2.2. Equipos

Para realizar los análisis respectivos de los suelos se utilizaron potenciómetro, mufla, espectrofotómetro, cuyos análisis se realizó en el laboratorio Kipatsi.

3.3. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es considerado como aplicado por ser de utilidad para la producción agrícola. El nivel de investigación es descriptivo correlacional, en primer lugar, describimos las características de estos suelos ácidos, y en segundo lugar se establece la correlación entre la acidez del suelo con sus propiedades químicas y biológicas.

3.4. Metodología de investigación

3.4.1. Población y muestra

Para la población se considerará el contenido de suelo en una parcela de 10 x 10 metros x 20 centímetros de profundidad, cuya muestra será de 0.025 m³.

3.4.2. Variables

- a) Variables que permanecen constantes
- Luminosidad
 - Temperatura
 - Precipitación
- b) Variables dependientes
- Presencia de lombrices.
 - Actividad microbiana
 - pH
 - Conductividad eléctrica
 - Materia orgánica
 - Nitrógeno
 - Fosforo
 - Potasio
 - Capacidad de intercambio catiónico
 - Calcio
 - Magnesio
 - Aluminio
 - PSAI

3.5. Diseño experimental

En la investigación se utilizó el diseño transversal por lo que consiste en analizar datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo. La técnica de muestreo que se utilizó es aleatorio estratificado y para la población se consideró el contenido de suelo en una parcela de 10 x 10 metros x 20 centímetros de profundidad y cuya muestra fue de 0.025 m³

3.6. Operacionalización de variables

Variables	Independiente		
	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Suelos ácidos	pH	De 3.5 a 4.5	Potenciómetro
		De 4.5 a 5.5	
		De 5.5 a 6.5	

Dependientes			
Variable	Metodología	Instrumento o determinación	Unidad de medida
Conductividad eléctrica		potenciómetro	dS/cm
Materia orgánica	Método Walkey Black Modificado)- Oxidación de MO con dicromato de potasio	Espectrofotómetro	%
Nitrógeno	Estimación a partir de MO.	cálculos	Kg/ha/año
Fósforo	Extracción (BRAY)	Espectrofotómetro	ppm
Potasio	Extracción con acetato de sodio	Turbimetría	ppm
Capacidad de intercambio catiónico	Extracción con acetato de amonio	Titulación	
Calcio		titulación	Meq/100g
Magnesio		titulación	Meq/100g
Aluminio	Extracción KCl	titulación	Meq/100g
PSAI			%
Microorganismos	Propiedades biológicas	Respiración microbiana Nro. Macroorganismos	Protocolo microbiológico

3.7. Contrastación o prueba estadística

3.7.1. Modelo de observación

El modelo propuesto que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} : Observación cualquiera

μ : Medida poblacional

ξ_{ijk} : Efecto de error

3.8. Plan de ejecución

3.8.1. Elección de suelos para muestreo

Para realizar el experimento se eligió suelos ácidos con diferentes grados de acidez.

3.8.2. Toma de muestra

Para los análisis sobre las propiedades químicas del suelo se realizó las siguientes actividades:

- ✓ Localización y determinación del terreno para muestrear.
- ✓ Limpieza del área de muestreo.
- ✓ Excavar de 25 a 30 cm de profundidad.
- ✓ Tomar la parte central de la porción y depositar en un recipiente.
- ✓ Etiquetar y llevar al laboratorio.

Para evaluar a los microorganismos presentes en las diferentes áreas se tomará al azar 4 puntos en un área de 1 hectárea, donde se elegirá un área de 10 m² y se procederá al conteo de las lombrices, sus cocones, las termitas y arañas presentes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluar la influencia de la acidez en las propiedades químicas del suelo.

Tabla 1.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la conductividad eléctrica (C.E. dS/cm) del suelo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0.000708	1	0.000708	0.08	0.7805
Residuo	0.086359	10	0.0086359		
Total (Corr.)	0.087067	11			

S=0,

0929

$\bar{x} = 0,23$

C.V.= 41.11%

En la tabla 1, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre la conductividad eléctrica (dS/cm) del suelo, indica que el pH no influye en la conductividad eléctrica del suelo (*Valor – P* > 0,05); lo que indica que no hay influencia directa del pH sobre la conductividad eléctrica del suelo.

El coeficiente de variación es 41,95 % que es considerado muy alto, e indica que la variación de los valores de C.E. es muy heterogénea.

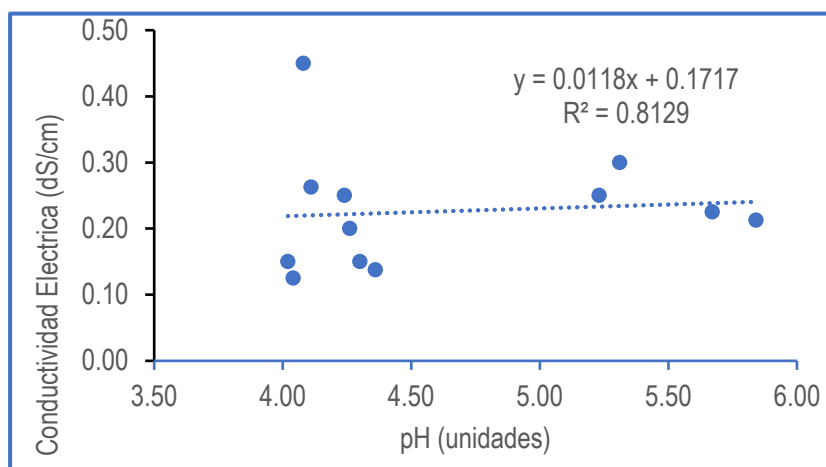


Figura 1. Efecto del pH en relación a la conductividad eléctrica.

En la figura 1, los resultados de la conductividad eléctrica del suelo según la calificación de pH, se puede observar que presenta una conductividad eléctrica muy bajo, por lo que no son suelos salinos.

La misma información señala Santivañez (s.f) mencionando que, el “pH de una suspensión de suelo disminuye al aumentar la concentración de sales neutras (NaCl, CaSO₄, etc.)” p. 3.

Tabla 2.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la materia orgánica en el suelo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.15482	1	1.15482	33.22	0.0002
Residuo	0.347605	10	0.0347605		
Total (Corr.)	1.50242	11			

S=0,1864

$\bar{x} = 1,54$

CV= 12,12 %

En la tabla 2, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre el contenido de materia orgánica en el suelo, se observa que hay diferencia estadística altamente significativa, porque el (valor-P < 0.01), lo que indica que el pH influye altamente en el contenido de la materia orgánica del suelo.

El coeficiente de variación es 12,95 % que es considerado bajo, indica que la variación de los valores del contenido de materia orgánica en el suelo. es homogénea.

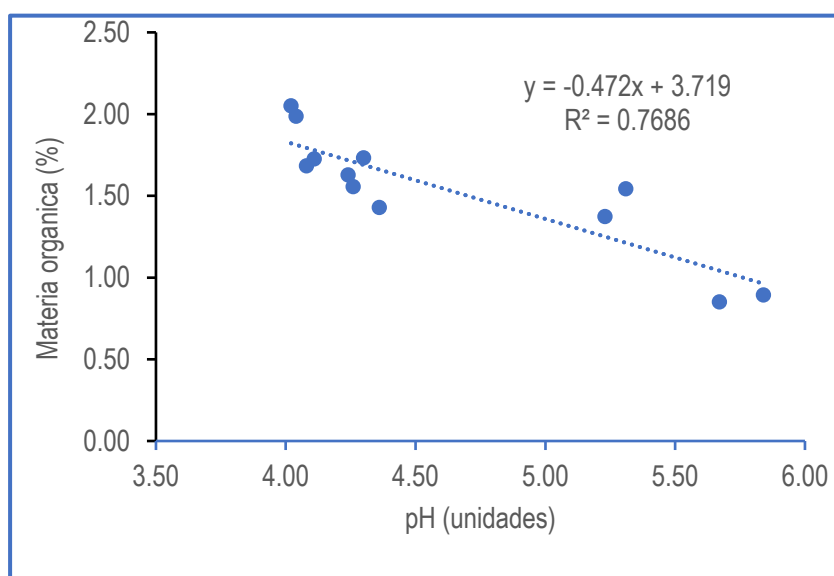


Figura 2: Efecto del pH en relación al contenido de la materia orgánica del suelo.

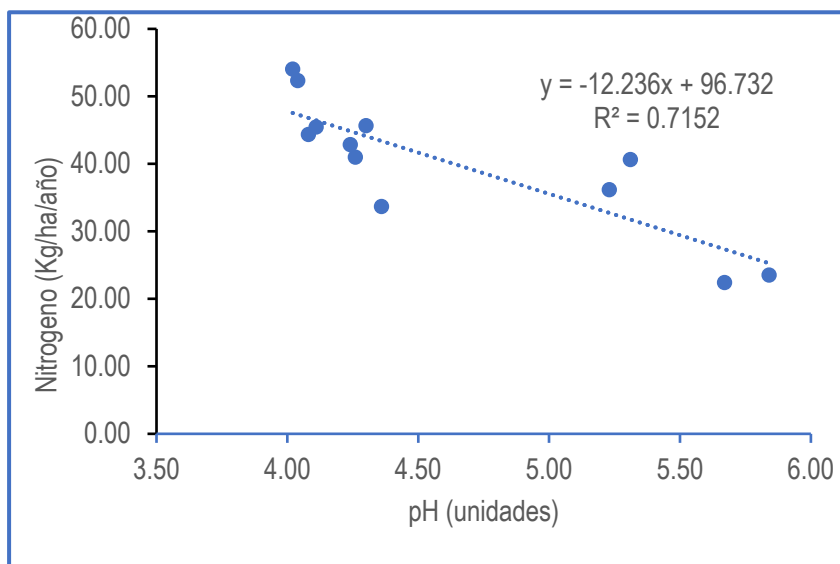


Figura 3. Efecto del pH en relación al contenido de nitrógeno en el suelo.

En la figura 3, se observa cómo la acidez influye en el contenido de nitrógeno en el suelo, donde suelos con pH entre 4 y 4.5 considerados ácidos contienen entre 33.68 y 54.02 Kg/ha/año de nitrógeno y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5) el contenido de nitrógeno es de 22.42 y 36.18 Kg/ha/año. “Cabe recalcar que la materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de nitrógeno” (Molina, 2002, p. 8).

Tabla 4.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el fósforo en el suelo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	208.719	1	208.719	21.16	0.0010
Residuo	98.6456	10	9.86456		
Total (Corr.)	307.365	11			

S=3,14

$\bar{x} = 7,33$

CV= 42,87 %

En la tabla 4, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre el contenido de fósforo en el suelo, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, porque el valor $P < 0,05$, demostrando que el pH influye en el contenido del fósforo en el suelo.

El coeficiente de variación es 42,87 % que es considerado muy alto, lo que indica que la variación de los valores del contenido de materia orgánica en el suelo es heterogénea.

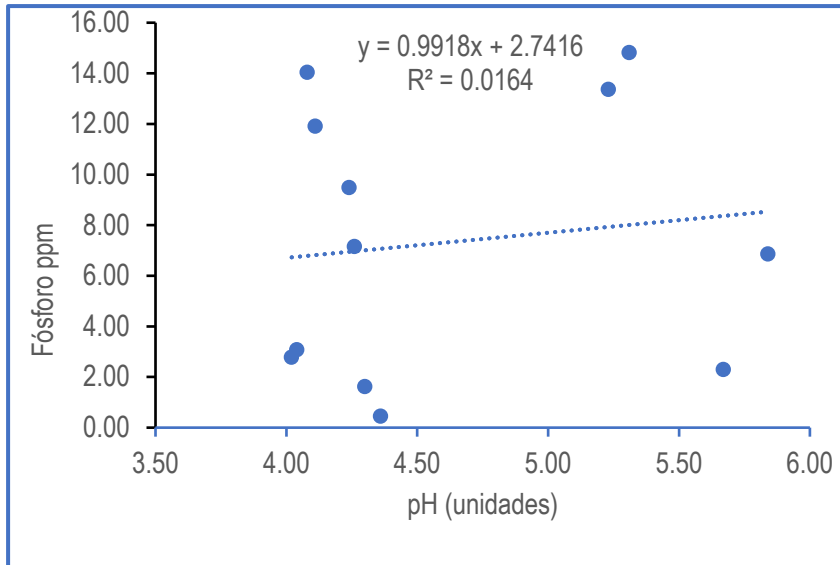


Figura 4. Efecto del pH en relación al contenido de fósforo en el suelo.

En la figura 4, se observa cómo la acidez influye en el contenido de fósforo en el suelo, donde suelos ácidos (4 y 4.5 pH) y suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) contienen desde 0.46 ppm hasta 14,82 ppm de fósforo; por lo que se valora que el suelo contiene niveles muy bajos de fósforo (>3), bajo (3 a 7) y nivel medio (7 a 20).

Molina (2002) resalta que, “los suelos muy ácidos como los Ultisoles rojos, y los suelos de origen volcánico como los Andisoles, presentan alta capacidad de fijación de P que disminuye aún más su disponibilidad para las plantas” (p.7); como Sanzano (s.f) indica que la mayor parte de la fijación de fósforo ocurre a valores de pH muy bajos o muy altos. Por otra parte, Intagri (2018) indica que otro de los problemas en suelos ácidos es la baja disponibilidad de iones fosfato, los cuales es la forma en que la planta absorbe al fósforo y “su mayor disponibilidad es 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” (Ramírez, 1997, p.13).

Tabla 5.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el potasio en el suelo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	36918.8	1	36918.8	15.05	0.0031
Residuo	24536.9	10	2453.69		
Total (Corr.)	61455.7	11			

S=49,53

\bar{x} = 107,35

CV= 46,14 %

En la tabla 5, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre el contenido de potasio en el suelo, se observa que existe diferencia altamente significativa, porque el valor $P < 0,05$) lo que indica que el pH influye en el contenido de potasio del suelo.

El coeficiente de variación es 46,14 % que es considerado muy alto, lo que indica que la variación de los valores del contenido de potasio en el suelo es heterogénea.

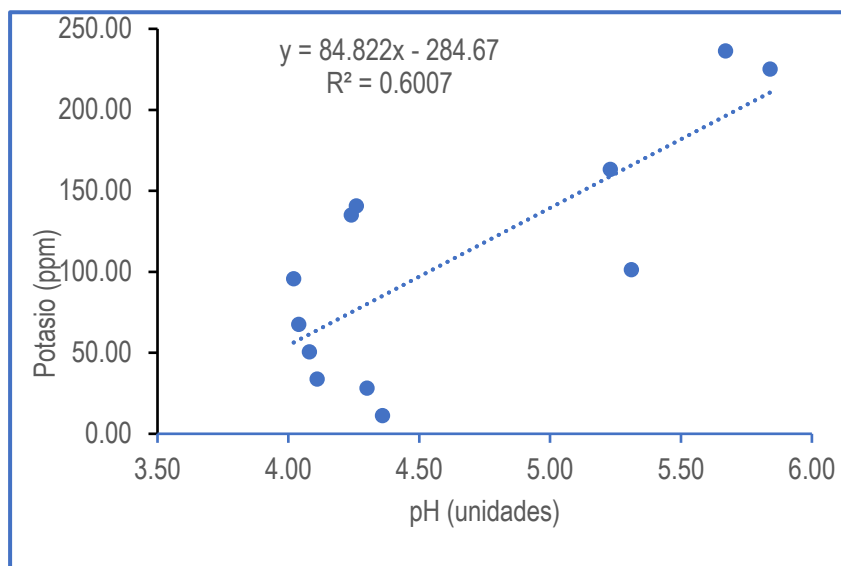


Figura 5. Efecto del pH en relación al contenido de potasio en el suelo.

En la figura 5, se observa cómo la acidez influye en el contenido de potasio en el suelo, donde suelos ácidos (4 y 4.5 pH) contiene potasio desde niveles muy bajos (>40 ppm) hasta un nivel medio (100 a 180 ppm) y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) contienen niveles de potasio medio (100 a 180 ppm) y alto (180 a 260 ppm), según los análisis de estudio a medida que el pH se incrementa el contenido de potasio es mayor. Resultado que es respaldado por Ramírez (1997) donde indica que el potasio aumenta su solubilidad con pH de 7 a 8.5; sin embargo, Intagri (2018) indica que a medida que se incrementa el pH se incrementa el elemento potasio.

Tabla 6.

Análisis de varianza de la influencia del pH sobre la capacidad de intercambio catiónico en el suelo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	313.952	1	313.952	59.35	0.0000
Residuo	52.8959	10	5.28959		
Total (Corr.)	366.848	11			

S = 2,299

\bar{x} = 8,88

CV = 25,91 %

En la tabla 6, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre la capacidad de intercambio catiónico en el suelo, se observa que hay diferencia estadística altamente significativa, porque el valor $p < 0,05$, demostrando que el pH influye en la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

El coeficiente de variación es 25,91 % que es considerado alto, e indica que la variación de los valores del contenido de potasio en el suelo. es heterogénea.

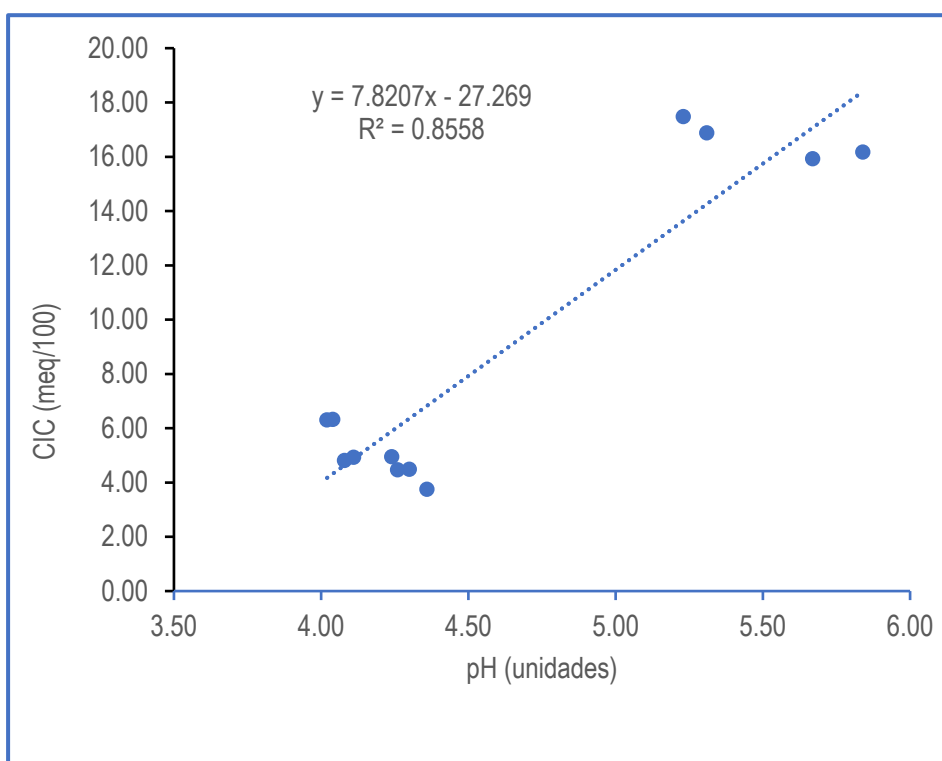


Figura 6. Efecto del pH en relación a la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

En la figura 6, se observa cómo la acidez influye en la capacidad de intercambio catiónico en el suelo, donde en suelos ácidos (4 y 4.5 pH) presenta una capacidad de intercambio catiónico de nivel bajo y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) presenta una capacidad de intercambio catiónico muy alto.

Este resultado es respaldado por Ramírez (1997) donde indica que “cuando el pH aumenta hay incremento en las cargas negativas, ya que el aluminio se precipita y la concentración de hidrogeniones disminuye, por lo tanto, la CIC aumenta” p. 12. Por otra parte, Finagro (2021) añade que el límite del calcio es de 60 a 80 % de la CIC, que de excederse altera el funcionamiento del suelo.

solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos. la CIC disminuye y, por lo tanto, aumenta la posibilidad de que estos elementos sean lavados del perfil” (p.13)

Tabla 8.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el magnesio en el suelo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Modelo</i>	16.7427	1	16.7427	264.54	0.0000
<i>Residuo</i>	0.6329	10	0.0633		
<i>Total (Corr.)</i>	17.3756	11			
S=0,25		$\bar{x} = 1,66$		CV= 15,13 %	

En la tabla 8, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre el contenido de magnesio en el suelo, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, porque el valor $P < 0,05$, lo que indica que el pH influye en el contenido de potasio del suelo.

El coeficiente de variación es 15,13 % que es considerado bajo, e indica que la variación de los valores del contenido de potasio en el suelo. es homogénea.

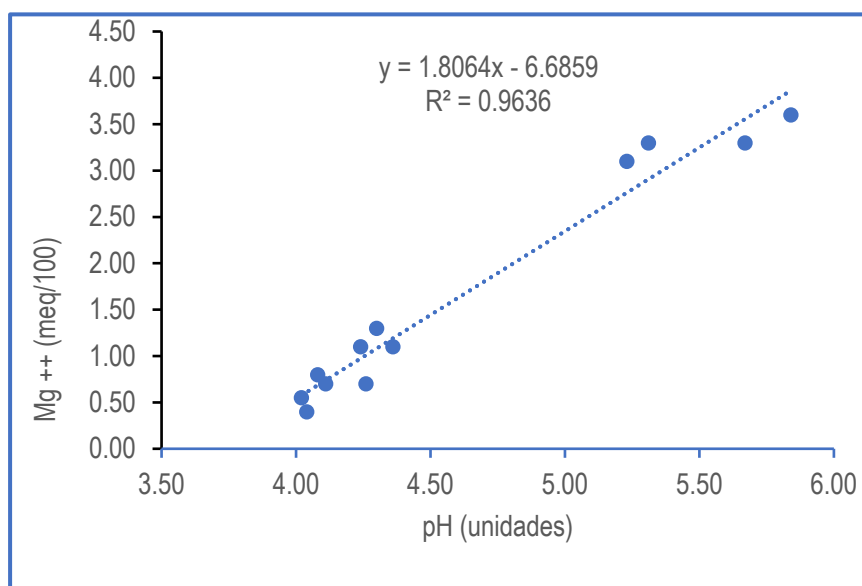


Figura 8. *Efecto del pH en relación al contenido de magnesio en el suelo.*

En la figura 8, se observa cómo la acidez influye en el contenido de magnesio en el suelo, donde en suelos ácidos (4 y 4.5 pH) presenta niveles bajos de magnesio (< a 1,5) y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) presenta niveles altos de magnesio (> a 2.5).

Teóricamente es fundamentado por Ramírez (1997) en el cual indica que, el magnesio aumenta su solubilidad con pH 7 a 8.5 y Smart Fertilizer (2020) por su parte

menciona que en “suelos con un pH bajo los nutrientes como el calcio, fósforo y magnesio se hacen menos disponible para la planta” (p. 2).

Tabla 9.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el aluminio en el suelo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Modelo</i>	18.0442	1	18.0442	21.53	0.0009
<i>Residuo</i>	8.38144	10	0.838144		
<i>Total (Corr.)</i>	26.4256	11			

S=0,91

$\bar{x} = 1,71$

CV= 53,46%

En la tabla 9, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre el contenido de aluminio en el suelo, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, porque el valor $P < 0,05$, lo que indica que el pH influye en el contenido de aluminio del suelo.

El coeficiente de variación es 53,46 % que es considerado muy alto, e indica que la variación de los valores del contenido de aluminio en el suelo. es heterogénea.

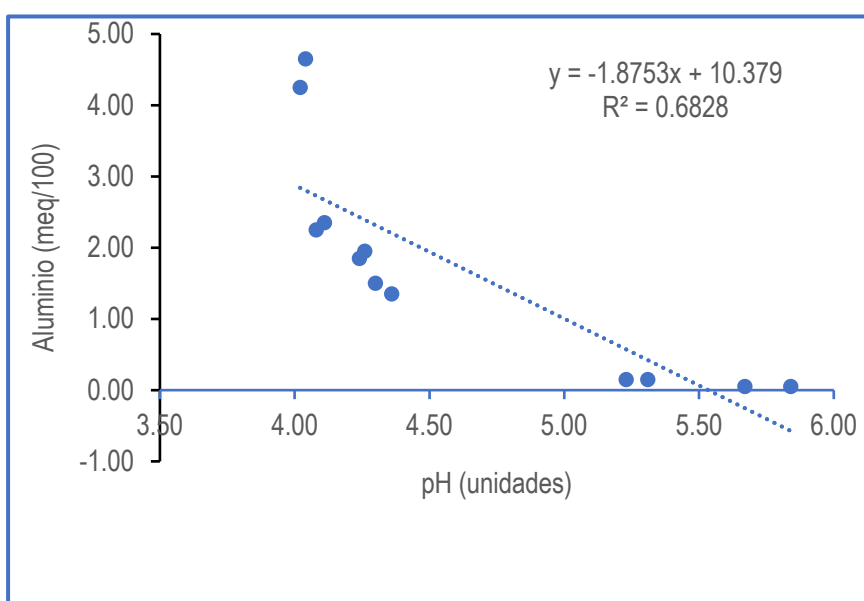


Figura 9. *Efecto del pH en el contenido de aluminio en el suelo.*

En la figura 9, se observa cómo la acidez influye en el contenido de aluminio en el suelo, donde en suelos ácidos (4 y 4.5 pH) presenta niveles muy altos de aluminio y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) presenta niveles muy bajos de aluminio. A medida que el pH se incrementa los niveles de aluminio disminuyen.

Teóricamente fundamentada por Espinoza y Molina (2015) donde menciona que la presencia de aluminio Al^{3+} en la solución del suelo induce el desarrollo de la acidez, pues los iones Al^{3+} se desplazan de las arcillas por otros cationes y reacciona con el agua liberando iones de hidrogeno, provocando una baja del pH. Este incremento en acidez promueve la presencia de más Al^{3+} listo para reaccionar nuevamente. (Espinoza y Molina, 2015, p. 4).

Tabla 10.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el PSAI en el suelo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Modelo</i>	7362.07	1	7362.07	59.90	0.0000
<i>Residuo</i>	1229.03	10	122.903		
<i>Total (Corr.)</i>	8591.1	11			

S=11,08

$\bar{x} = 34,73$

CV= 31,92%

En la tabla 10, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre porcentaje de acidez intercambiable en el suelo, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, porque el valor $P < 0.05$, lo que indica que el pH influye en esta variable.

El coeficiente de variación es 31,92 % que es considerado muy alto, e indica que la variación de los porcentajes de acidez intercambiable en el suelo es heterogénea.

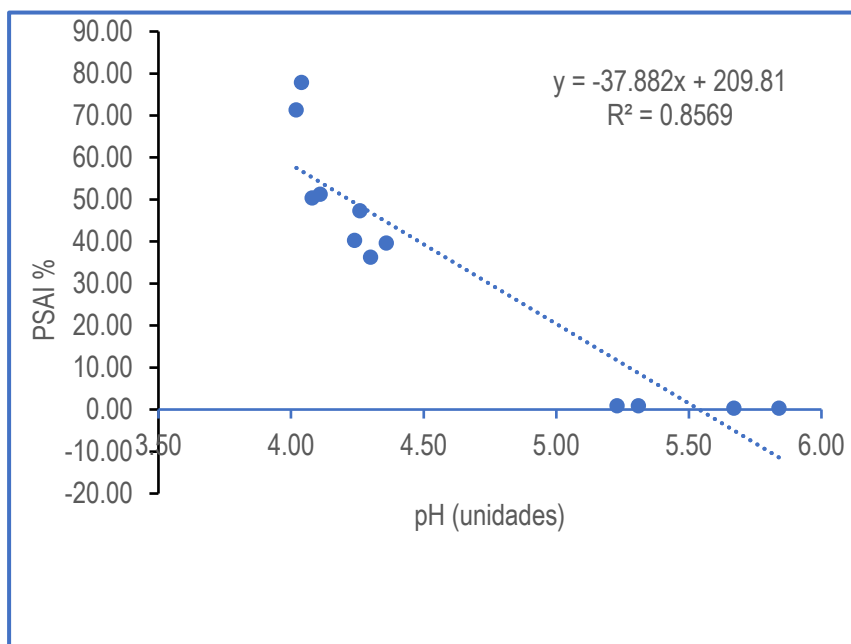


Figura 10. Efecto del pH en relación al porcentaje de sodio intercambiable en el suelo.

En la figura 10, se observa cómo el pH influye en el porcentaje de acidez intercambiable, donde en suelos ácidos (4 y 4.5 pH) presenta niveles de porcentaje muy altos de acidez intercambiable y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) presenta niveles de porcentaje muy bajos de acidez intercambiable. A medida que el pH se incrementa los niveles de porcentaje de acidez disminuyen.

4.2. Evaluar la influencia de la acidez en las propiedades biológicas del suelo.

Tabla 11.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre la liberación del CO₂ en la respiración microbiana del suelo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	227.996	1	227.996	7.02	0.0243
Residuo	324.646	10	32.4646		
Total (Corr.)	552.642	11			

S=5,69

$\bar{x} = 33,23$

CV= 17,14 %

En la tabla 11, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre la liberación de CO₂ durante la respiración microbiana, se observa que no existe diferencia estadística significativa, porque el valor P>0,05, lo que indica que el pH no influye ligeramente en la liberación de CO₂.

El coeficiente de variación es 17,14 % que es considerado alto, lo que indica que la variación de los porcentajes de sodio intercambiable en el suelo es heterogénea.

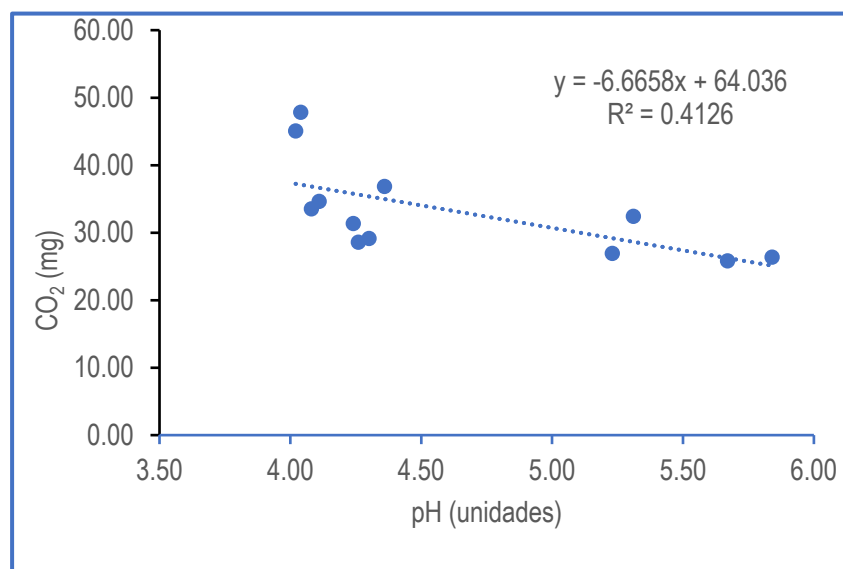


Figura 11. Efecto del pH en el suelo en relación a la liberación del CO₂ durante la respiración microbiana.

En la figura 11, se observa cómo la acidez influye en la respiración microbiana del suelo, donde en suelos ácidos (4 y 4.5 pH) presenta niveles muy altos de liberación de CO₂ durante la respiración microbiana y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) presenta niveles muy bajos de liberación de CO₂ durante la respiración microbiana.

Álvarez y Anzueto (2004) menciona que, según estudio de parcelas de uso agrícola intensivo determinaron que la disminución de la respiración microbiana se debe al aumento de acidez y la disminución de cationes básicos (p.21).

Tabla 12.

Análisis de varianza para la influencia del pH sobre el número de lombrices en el suelo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Modelo</i>	123.075	1	123.075	2.30	0.1603
<i>Residuo</i>	534.925	10	53.4925		
<i>Total (Corr.)</i>	658.0	11			

S=7,31

$\bar{x} = 12,50$

CV= 58,48%

En la tabla 12, del análisis de varianza de la influencia del pH sobre la presencia de lombrices en el suelo, se observa que no existe diferencia estadística, porque el valor $P > 0,05$. Lo que indica que el pH no influye en la condición de hábitat de las lombrices en el suelo.

El coeficiente de variación es 58,48% que es considerado muy alto, lo que indica que la variación de los porcentajes de sodio intercambiable en el suelo es heterogénea.

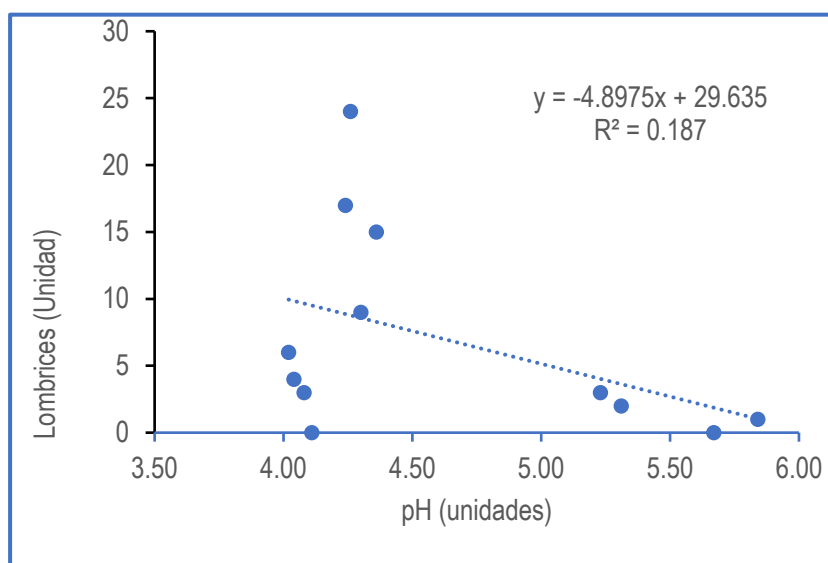


Figura 12. Efecto del pH en la presencia de lombrices en el suelo.

En la figura 12, se observa la presencia de lombrices en suelos ácidos (4 y 4.5 pH) donde hay mayor presencia de lombrices y en suelos ligeramente ácidos (5.5 hasta 6.5 pH) presenta menor presencia de lombrices. Mediante un análisis estadístico del proyecto de investigación se puede apreciar que el pH no influye significativamente para el desarrollo de las lombrices. Sin embargo, Guanche (2015) indica que el pH ideal para el desarrollo de las lombrices es de 7, aunque puede tolerar entre 6-8.

V. CONCLUSIONES

1. Los resultados indican que los suelos ácidos el contenido de materia orgánica es muy bajas (< a 2%), el fósforo en suelos ácidos contiene niveles muy bajos (valores menores a 7 ppm), y en suelos ligeramente ácidos se incrementa hasta un nivel medio (valores menores a 20 ppm), la mayor disponibilidad de fósforo se da a pH entre 6.5 y 7.5. La capacidad de intercambio catiónico es baja en suelos ácidos y muy altos en suelos ligeramente ácidos. En suelos ácidos presentan bajo contenido de potasio, calcio y magnesio haciéndose menos disponible para las plantas; sin embargo, a mayor pH mejora el contenido de estos elementos y aumenta su solubilidad. Por otra parte, el pH también determina la concentración de iones tóxicos como Al.
2. La acidez del suelo influye en la actividad de los microorganismos, al aumentar en pH la respiración de los microorganismos disminuye. Por otra se concluye que el pH no influye en la presencia de lombrices.
3. Con los resultados se rechaza parcialmente la hipótesis planteada, que a mayor acidez del suelo menor es la actividad biológica e influye negativamente en las propiedades químicas del suelo. Y se concluye que: a mayor acidez, se incrementa la actividad microbiana, mientras que, a mayor acidez, el fósforo, potasio, calcio y magnesio disminuyen.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda analizar el grado de acidez del suelo antes de instalar un cultivo, pues a partir de ella se puede valorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
2. Se recomienda realizar trabajos de investigación para corregir los efectos negativos de la acidez de los suelos

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. y Anzueto, M. (2004). *Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas*. [Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Colegio de Postgraduados] México. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1358/1/100000032901_documento.pdf
- Bárbaro, L.; Karlanian, M. Y Mata, D. *Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para las plantas*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Cervantes, J., Orihuela, R. & Rutiaga, J. (2017). *Acerca del desarrollo y control de microorganismos en la fabricación de papel*. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631001/html/>
- Espinoza, J. y Molina, E. (2015). *Acidez y encalado de los suelos (Soil acidity and liming)*. <file:///C:/Users/JENNY/Downloads/AcidezYEncaladoDeLosSuelosEspinosayMolina.pdf>
- Fernández, H; Combatt, C. & Rivera, J. *Algunas características de la entomofauna de suelos sulfatados ácidos en Córdoba, Colombia*. https://www.researchgate.net/profile/Hernando_RiveraJimenez/publication/262670919_Algunas_caracteristicas_de_la_entomofauna_de_suelos_sulfatados_acidos_en_Cordoba_Colombia/links/54b79e1b0cf24eb34f6ec1ad.pdf
- Finagro, (2021). *Importancia de conocer la capacidad de intercambio catiónico del suelo*. <https://www.finagro.com.co/noticias/la-importancia-de-conocer-la-capacidad-de-intercambio-cati%C3%B3nico-del-suelo>
- Guanche, A. (2015). *Las lombrices y la agricultura*. http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf
- Guillen, C.; Soto-Adames, F. y Springer, M. (2006). *Variables físicas, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en Costa Rica*. [Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica]. <file:///C:/Users/JENNY/Downloads/Dialnet-VariablesFisicasQuimicasYBiologicasDelSueloSobreLa-2554717.pdf>
- Intagri, (2018). *Disponibilidad de nutrientes y el pH del suelo*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientos-y-el-ph-del-suelo>

- León, M. (2011). *Edafología 1*. Proyecto Universidad en el campo. Primera edición. Colombia. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Mogollón, J., & Martínez, A. (2009). *Variación de la actividad biológica del suelo en un transecto altitudinal de la sierra de San Luís, estado Falcón*. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Mogollon/publication/262552627_Variacion_de_la_actividad_biologica_del_suelo_en_un_transecto_altitudinal_de_la_sierra_de_San_Luis_estado_Falcon/links/00b4953bdf02190a2b000000/Variacion-de-la-actividad-biologica-del-suelo-en-un-transecto-altitudinal-de-la-sierra-de-San-Luis-estado-Falcon.pdf
- Molina, E. (1998). *Acidez de suelo y encalado*. Centro de Investigaciones. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. <https://www.academia.edu/download/54537426/attachment4.pdf>
- Molina, E. (2002). *Análisis de suelos y su interpretación*. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mxtq1F6fzmIJ:www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisiseinterpretacion.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- Osorio, N. (2012). *El pH del suelo y disponibilidad de nutrientes*. Universidad Nacional del Colombia. Colombia. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Piedrahíta, O. (2009). *Acidez del suelo*. <https://www.coursehero.com/file/66261806/Acidez-del-suelopdf/>
- Ramírez, C. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Santafé de Bogotá. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Rodríguez, N.; Ruz, E. y Chavarría, J. (1993). *Principios básicos de la acidez del suelo*. Investigación y progreso Agropecuario. Estación Experimental Quilamapu. Chillán, Chile, 57, 21-26. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/30858/NR15632.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santivañez, C. (s.f). *Determinación de pH y la conductividad eléctrica del suelo*. http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.pdf
- Sanzano, s.f. *El fósforo del suelo*. [file:///C:/Users/JENNY/Downloads/El%20Fosforo%20del%20suelo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/JENNY/Downloads/El%20Fosforo%20del%20suelo%20(1).pdf)

Zapata, H. (2004). *Química de la acidez del suelo*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3280>

ANEXOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 13.

Resumen del análisis de varianza de la regresión entre el pH y las propiedades químicas del suelo.

	<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G.I.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
X = pH	Modelo	0.000708	1	0.000708	0.08	0.7805
Y = CE	Residuo	0.086356	10	0.00864		
X = pH	Modelo	1.15482	1	1.15482	33.22	0.0002
Y = Materia orgánica	Residuo	0.347605	10	0.03476		
X = pH	Modelo	767.963	1	767.963	25.11	0.0005
Y = Nitrógeno disponible	Residuo	305.872	10	30.5872		
X = pH	Modelo	208.719	1	9.8646	21.16	0.0010
Y = Fósforo disponible	Residuo	98.6456	10			
X = pH	Modelo	36918.8	1	2453.69	15.05	0.0031
Y = Potasio disponible	Residuo	24536.9	10			
X = pH	Modelo	313.952	1	5.2896	59.35	0.0000
Y = CIC	Residuo	52.8959	10			
X = pH	Modelo	298.106	1	3.8457	77.52	0.0000
Y = Calcio disponible	Residuo	38.4566	10			
X = pH	Modelo	16.7427	1	0.06329	264.54	0.0000
Y = Magnesio disponible	Residuo	0.632897	10			
X = pH	Modelo	18.0442	1	0.8381	21.53	0.0009
Y = Aluminio disponible	Residuo	8.38144	10			
X = pH	Modelo	7362.07	1	122.903	59.90	0.0000
Y = PSAI	Residuo	1229.03	10			
X = pH	Modelo	227.996	1	32.4646	7.02	0.0243
Y = CO ₂ liberado	Residuo	324.646	10			
X = pH	Modelo	123.075	1	53.4925	2.30	0.1603
Y = presencia de lombrices	Residuo	534.925	10			

PANEL DE FOTOGRAFÍAS QUE EVIDENCIA LAS ACTIVIDADES DE LA INVESTIGACIÓN



Figura A1. Muestreo de suelo en San Juan de Pueblo Libre.



Figura A2. Muestreo de suelo en la localidad de Fortaleza



Figura A3. Muestreo de suelo en la localidad de Pampa Tigre.



Figura A4. Análisis de del suelo en el laboratorio Kipatsi.



Figura A5. Pesado de las muestras de suelo para cada variable en estudio.



Figura A6. Lectura en el espectrofotómetro.