Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Facultad de Ingeniería

2019

# Análisis de calidad del suelo debido a la irrigación de residuo líquido de Porcinaza en una granja porcícola en la vereda Arracachal

María Alejandra Oyola Torres
*Universidad de La Salle, Bogotá*

María José Nogales Chacón
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Part of the Environmental Engineering Commons

## Citación recomendada

Oyola Torres, M. A., & Nogales Chacón, M. J. (2019). Análisis de calidad del suelo debido a la irrigación de residuo líquido de Porcinaza en una granja porcícola en la vereda Arracachal. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1168

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

# ANÁLISIS DE CALIDAD DEL SUELO DEBIDO A LA IRRIGACIÓN DE RESIDUO LÍQUIDO DE PORCINAZA EN UNA GRANJA PORCÍCOLA EN LA VEREDA ARRACACHAL

**MARÍA ALEJANDRA OYOLA TORRES**
**MARÍA JOSÉ NOGALES CHACÓN**

Universidad de La Salle
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Bogotá, Colombia
2019

# ANÁLISIS DE CALIDAD DEL SUELO DEBIDO A LA IRRIGACIÓN DE RESIDUO LÍQUIDO DE PORCINAZA EN UNA GRANJA PORCÍCOLA EN LA VEREDA ARRACACHAL

**MARÍA ALEJANDRA OYOLA TORRES**
**MARÍA JOSÉ NOGALES CHACÓN**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Director de proyecto
Químico. Jairo Vanegas Gordillo

Universidad de La Salle
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Bogotá, Colombia
2019

# Dedicatoria

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones*

*Al hombre que me dio la vida, por siempre cuidándome y guiarme al mejor camino, por su apoyo y su comprensión.*

*A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento.*

*A mis amigas, que gracias a su apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.*

***María José Nogales Chacón***

# Dedicatoria

*A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, a mi madre y padre por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil, quienes con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional, a mis amigas, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento seguimos siendo amigas, a mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional*

***María Alejandra Oyola Torres***

# Agradecimientos

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre y mi padre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi primo, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con él.

Al Ing. Jairo Vanegas Gordillo por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente, a mis amigas porque cada una con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

***María José Nogales Chacón***

# Agradecimientos

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi prima, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tiene en mí, por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A mis amigas por haber logrado nuestro gran objetivo con mucha perseverancia, por demostrarme que podemos ser grandes amigas y compañeras de trabajo a la vez.

Al Ing. Jairo Vanegas Gordillo, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de esta.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

***María Alejandra Oyola Torres***

**Resumen**

La Granja el Pomarroso abastece a la empresa Sarmicarnes en Bogotá, cuenta con instalaciones en las cuales se llevan a cabo las diferentes etapas del ciclo productivo del cerdo, en donde se genera un residuo líquido de porquinaza proveniente del lavado de corraleras, el cual es utilizado para el riego de sus terrenos de forma desmedida. Por esto mismo, en la granja se requiere de un análisis de calidad del suelo, debido a que se está generando una contaminación ambiental en el mismo. De acuerdo a esto, se llevó a cabo una metodología en donde se midieron parámetros fisicoquímicos y biológicos en el suelo, para determinar sus propiedades actuales. Se tomaron diferentes muestras de suelo en donde se realizó un riego P/V del correspondiente residuo líquido en diferentes %, para observar como varían las propiedades en las parcelas correspondientes. Como resultado de los muestreos se observó que la parcela que obtiene un comportamiento más cercano a la parcela control y se mantiene estable en cada una de las propiedades, es la del 5%, aportando nutrientes favorables para el suelo y teniendo una M.O alta con respecto a las demás, lo que indica que la calidad del suelo es buena en esta parcela. Por otro lado, las parcelas del 10% y 15% presentan valores inestables en sus bases intercambiables y su pH, generando una mineralización de la M.O, arrojando valores bajos de la misma, debido a que se presenta una mayor humedad en el suelo, por lo tanto, una mayor disociación de bases. En la unidad 2 se presenta un pH alto y valores excesivos de bases intercambiables, generando un desbalance en sus nutrientes al paso del tiempo, afectando su fisiología y calidad del mismo. En la actividad biológica, el residuo liquido actúa como un agente antifúngico atacando los hongos que no son favorables para el suelo, por lo cual se concluye que el residuo líquido actúa de forma positiva en el suelo, teniendo en cuenta un volumen adecuado para el terreno al cual se irrigará.

**Palabras clave:** Calidad del suelo, granja porcícola, porcinaza, residuo líquido.

**Abstract**

La Granja el Pomarroso supplies the company Sarmicarnes in Bogotá, has facilities in which the different stages of the pig production cycle are carried out, where a liquid residue of porquinaza from the cleaning of corraleras is generated, which is used for the irrigation of their lands in an excessive way. For this reason, in the farm an analysis of soil quality is required, because it is generating an environmental contamination in it. According to this, a methodology was carried out where physicochemical and biological parameters were measured in the soil, to determine their current properties. Different soil samples were taken where a P / V irrigation of the corresponding liquid residue was made in different%, to observe how the properties in the corresponding plots vary. As a result of the sampling, it was observed that the plot that obtains a behavior closer to the control plot and remains stable in each of the properties, is 5%, providing favorable nutrients for the soil and having a high MO with respect to to the others, which indicates that the quality of the soil is good in this plot. On the other hand, the plots of 10% and 15% have unstable values in their interchangeable bases and their pH, generating a mineralization of the MO, giving low values of the same, due to the fact that there is a greater humidity in the soil, for therefore, a greater dissociation of bases. In Unit 2 there is a high pH and excessive values of exchangeable bases, generating an imbalance in its nutrients over time, affecting its physiology and its quality. In biological activity, the liquid residue acts as an antifungal agent attacking fungi that are not favorable for the soil, so it is concluded that the liquid residue acts positively on the soil, taking into account a suitable volume for the soil which will be irrigated.

**Keywords:** Soil quality, pig farm, swine, liquid waste.

## Glosario

**Agroecosistema.** Es un predio de producción agrícola visto bajo el enfoque de ecosistema, este último lo define como “un sistema funcional de relaciones complementarias entre organismos vivos y su ambiente” (Arrieche, 2012)

**Análisis del suelo.** Es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización. Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. (Molina, 2010)

**Antifúngica.** Cualquier sustancia capaz de producir una alteración tal de las estructuras de una célula fúngica que consiga inhibir su desarrollo, alterando su viabilidad o capacidad de supervivencia (Gregorí Valdés, 2005)

**Degradación física.** Compactación, costras y sellamiento: La compactación es causada por el uso de maquinaria pesada; el encostramiento y sellamiento se presenta en suelos de cobertura desnuda donde el impacto de las gotas de lluvias actúa directamente sobre la superficie del suelo, siendo susceptibles más susceptibles los suelos con bajos contenidos de materia orgánica. (Peralta Garcia, 2012)

**Degradación química.** La degradación de la química en el suelo es la alteración de los contenidos de elementos naturales que da a lugar características inapropiadas para su funcionamiento. Pérdida de nutrientes, pérdida de materia orgánica, salinización, acidificación, polución. (Peralta Garcia, 2012)

**Edafo-climático.** Estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el clima. (Arrieche, 2012)

**Estructura del suelo**. La estructura de un suelo es el modo que tienen los elementos constituyentes del suelo de unirse entre sí, de tal forma que le confieren una arquitectura característica. Se entiende por estabilidad estructural la resistencia de los agregados a modificar su forma o su tamaño por la acción de factores externos, son numerosos los factores degradadores de la estructura, pero el más importante es el agua, ya que ocasiona los efectos de dispersión, estallido, golpeteo, etc. (Arrieche, 2012)

**Indicadores de calidad del suelo.** Para evaluar las condiciones del suelo existen una serie de indicadores de calidad estandarizados que sirven como referencia. Los indicadores son un grupo de mediciones u observaciones definidos por investigadores que por experiencia reconocen dichos datos como relevantes y sirven de referencia para evaluar cierto sistema o recurso. (Arrieche, 2012)

**Suelos.** Es el medio natural dinámico en el cual ocurren transformaciones resultado de la interacción de procesos físicos, químicos, biológicos y de actividades antrópicas. Estos procesos ocurren de forma simultánea generando un sustrato que brindará nutrientes, agua y sostén para el desarrollo de las plantas terrestres y otros organismos. (Arrieche, 2012)

**Suelos ácidos.** Se refieren aquellos que contienen un pH de valor inferior a 5,5 durante la mayor parte del año. Están asociados con un número de toxicidades (Aluminio) y deficiencias (Molibdeno) y otras condiciones restringentes para las plantas. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019)

**Suelos básicos.** Se incluyen en este grupo aquellos suelos que presentan valores de pH > 7.3. En el suelo funcionan como fuentes de alcalinidad aquellas sustancias que al reaccionar con el agua producen iones hidroxilo; en este sentido, los cationes alcalinos del suelo están constituidos por las bases, es decir, por los cationes $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $K^{+}$ y $Na^{+}$. (Jaramillo, 2002)

**Sistema de producción.** Se define sistema de producción rural como "una unidad espacial en la que se adelanta una actividad productiva agropecuaria, forestal, y/o agroindustrial, regulada por un agente económico, quien toma las decisiones de acuerdo a un cierto grado de autonomía, aunque condicionado por el entorno socioeconómico, político y cultural". (Arrieche, 2012)

**Textura del suelo.** Es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar). (Jaramillo, 2002)

## Abreviaturas y siglas

| | |
|---|---|
| **ACP** | Asociación Colombiana de Petróleo |
| **B** | Boro |
| **C** | Carbono |
| **°C** | Centígrado |
| **Ca** | Calcio |
| **cc** | Centímetro cubico |
| **C.E.** | Conductividad Eléctrica |
| **CIC** | Capacidad de Intercambio Catiónico |
| **Cl** | Cloro |
| **Cm** | Centímetro |
| **C.O** | Carbono Orgánico |
| **Cu** | Cobre |
| **Dap** | Densidad aparente |
| **EOT** | Esquema de Ordenamiento Territorial |
| **Fe** | Hierro |
| **g** | Gramo |
| **ha** | Hectárea |
| **$HSO_4$** | Ácido sulfúrico |
| **$H_2O$** | Agua |
| **$H_3BO_4$** | Ácido bórico |
| **IDEAM** | El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales |
| **Kg** | Kilogramo |
| **K** | Potasio |
| **L** | Litro |
| **m** | Metro |
| **M** | Molar |
| **meq** | Miliequivalente |
| **Mg** | Magnesio |
| **Mn** | Manganeso |
| **mL** | Mililitro |
| **mm** | Milímetro |
| **mS** | Micro Siemens |
| **N** | Normalidad |
| **N** | Nitrógeno |
| **Na** | Sodio |
| **NTC** | Norma Técnica Colombiana |
| **NaOH** | Hidróxido de sodio |
| **NH4** | Amonio |
| **NH3** | Amoniaco |
| **P** | Fosforo |
| **ppm** | Partes por millón |
| **PRRS** | Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino |
| **P/V** | Peso/Volumen |
| **S** | Azufre |
| **$SO_3$** | Óxido de azufre |
| **$SO_2$** | Dióxido de azufre |
| **$SO_4$** | Sulfato |
| **Sat-H** | Saturación de humedad |
| **UFC/g** | Unidad formadora de colonia/ gramo |
| **Zn** | Zinc |

**CONTENIDO**


Glosario IX

Abreviaturas y siglas XII

1. Introducción 17

2. Planteamiento del problema 18

3. Pregunta de investigación 18

4. Hipótesis de trabajo 19

5. Justificación 19

6. Antecedentes investigativos 20

7. Objetivos 25

7.1 Objetivo general 25

7.2 Objetivos específicos 25

8. Marco teórico 26

9. Marco legal 37

10. Metodología 39

10.1 Fase 1: caracterización del agroecosistema e identificación de unidades de muestreo 39

10.2 Fase 2: tipo de análisis y toma de muestras 40

10.3 Fase 3: análisis de laboratorio y evaluación de la calidad del suelo 43

11. Resultados y discusión 48

11.1 Fase 1: caracterización del agroecosistema e identificación de unidades de muestreo 48

11.1.1 Caracterización del agroecosistema 48

11.1.2 Identificación de unidades de muestreo 51

11.2 Fase 2: tipo de análisis y toma de muestras 52

11.2.1 Caracterización del residuo líquido 55

11.3 Fase 3: análisis de laboratorio y evaluación de la calidad del suelo 55

12. Conclusiones 69

13. Recomendaciones 71

Referencias 73

Anexos 76

Anexo 1 76

Anexo 2 78

Anexo 3 79

Anexo 4 80

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores para monitores la calidad del suelo ..... 32
Tabla 2 Normatividad ..... 37
Tabla 3 Caracterización porquinaza ..... 55
Tabla 4 Matriz de resultados ..... 55
Tabla 5 Matriz comparativa de datos ponderados por parcela ..... 65
Tabla 6 Matriz de comparación en la unidad 2 ..... 66
Tabla 7 Matriz de efecto ..... 68
Tabla 8 Resultados muestreo 1 ..... 76
Tabla 9 Resultados muestreo 2 ..... 76
Tabla 10 Resultados muestreo 3 ..... 77
Tabla 11 Resultados muestreo suelo saturado ..... 77
Tabla 12 Resultados biológicos ..... 78
Tabla 13 Precipitación máxima mensual de estaciones Hidro paraíso y Acapulco ..... 79
Tabla 14 Control climatológico mes junio ..... 80
Tabla 15 Control climatológico mes julio ..... 81
Tabla 16 Control climatológico mes agosto ..... 82

## TABLA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Precipitación máxima mensual ..... 58
Gráfica 2 Actividad biológica ..... 59
Gráfica 3 Comportamiento de pH ..... 60
Gráfica 4 Comportamiento de CIC ..... 61
Gráfica 5 Comportamiento de bases intercambiables ..... 62
Gráfica 6 Comportamiento de materia orgánica ..... 64
Gráfica 7 Comparación parcelas unidad 1 ..... 65
Gráfica 8 Comparación parcelas unidad 2 ..... 67

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de la granja de estudio Fuente: Google Maps ..... 27
Ilustración 2 Etapas del ciclo productivo de la granja el Pomarroso ..... 28
Ilustración 3 Uso del suelo, Zona del Tequendama Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi ..... 34
Ilustración 4 Características de la economía circular ..... 35
Ilustración 5 Metodología ..... 39
Ilustración 6 Unidad 1: suelo donde hubo cultivo ..... 40
Ilustración 7 Unidad 2: suelo saturado ..... 41
Ilustración 8 Toma de muestras (Unidad 1) ..... 41
Ilustración 9 Toma de muestras (Unidad 1) ..... 42
Ilustración 10 Muestra en bolsa plástica ..... 42
Ilustración 11. Granja el Pomarroso ..... 48
Ilustración 12 Corraleras ..... 49
Ilustración 13.Tanque de depósito de residuo líquido ..... 49
Ilustración 14 Bloques de secado de Porquinaza ..... 50
Ilustración 15 Suelo con el residuo líquido ..... 51
Ilustración 16. Primera unida de muestro (suelo sin riego con residuo líquido) ..... 51
Ilustración 17 Segunda unidad de muestreo (suelo saturado) ..... 52
Ilustración 18 Recolección y riego del residuo líquido ..... 53
Ilustración 19 Pesaje de muestras ..... 54
Ilustración 20 Muestras Unidad 1 y 2 ..... 54

## 1. Introducción

En Colombia, la actividad porcícola es unas de las actividades más antiguas de la producción animal, la cual se ha sostenido, constituyéndose en la principal fuente de proteína de origen animal en el mundo, en una porción del 38.9% y un consumo per cápita de 15 kg. En la medida en que las explotaciones han ido creciendo y concentrándose en otras regiones del país, han surgido unos inconvenientes con el manejo de residuos generados. Estos pueden ser: el estiércol (solido o fresco).

La porquinaza es considerada una fuente importante de nutrientes para cultivos, con la ventaja de no solo aportar nutrición a las plantas, sino mejorar algunas condiciones del suelo como lo es la capacidad de intercambio catiónico, la estructura, la porosidad y la capacidad de retención del agua; sin embargo, realizar la fertilización sin criterios técnicos, conlleva generar efectos ambientales negativos como la perdida de nutrientes (nitrógeno, fosforo y potasio, etc) (PorkColombia, 2018)

La Granja el Pomarroso cuenta con terrenos extensos aledaños a la granja, los cuales son utilizados para la ganadería y agricultura, donde se realiza un riego desmedido de residuo líquido de porquinaza, proveniente del lavado de las corraleras y el secado de la porquinaza; por medio de mangueras conectadas a un tanque de almacenamiento de una capacidad de 300 L. Este procedimiento afecta, la calidad del suelo, las aguas subterráneas y produce olores ofensivos, debido a que no se hace una adecuada disposición final de la porquinaza líquida generando contaminación ambiental en la zona.

Este proyecto tiene como finalidad, realizar un análisis de calidad del suelo aplicando el principio de la economía circular, que es proteger el medio ambiente y disminuir la

contaminación, aplicando la logística inversa de las 3 R (retorno, recuperación y reciclaje). El cual busca observar como el residuo líquido actúa en diferentes porcentajes en el suelo y cuál de ellos es el adecuado para irrigar en él, no afectando sus condiciones naturales, sino por el contrario mejorando la calidad en el mismo, aportando nutrientes, optimizando su fisiología, evitando así la generación de focos contaminantes en la granja el Pomarroso.

## 2. Planteamiento del problema

La producción porcina tiene diferentes problemas ambientales, debido a sus actividades específicas de gestación, maternidad, destete y engorde. A partir de estas se generan problemas ambientales que son medios de contaminación del área y el medio ambiente.

En la granja el Pomarroso se produce un residuo líquido de porquinaza proveniente del lavado de las corraleras y el secado de la misma; de allí parte la principal problemática que es la generación de esta porquinaza líquida en una proporción desmedida de 300 L/diarios, la cual tiene una disposición final por bombeo mediante una manguera, generando focos de contaminación ambiental, afectando directamente la calidad del suelo e indirectamente las aguas subterráneas y produciendo olores ofensivos. Por este motivo el proyecto se enfoca en estudiar la calidad del suelo de la granja, y en como este residuo líquido de porquinaza puede llegar a afectarlo positiva o negativamente.

## 3. Pregunta de investigación

¿Cómo puede llegar a afectar o beneficiar la porquinaza en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo de una granja porcícola?

## 4. Hipótesis de trabajo

El residuo líquido de porquinaza generado en la granja el Pomarroso afecta positiva o negativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

## 5. Justificación

La disposición final de la porquinaza líquida en la granja el Pomarroso está generando diferentes afectaciones ambientales que altera la economía circular de la granja, debido a que uno de los principios en los que se apoya esta economía es promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y eliminando las externalidades negativas, como lo pueden ser, la reducción de emisiones y minimizar la cantidad de residuos vertidos. (Cerdá & Khalilova, 2016).

De acuerdo a lo anterior este proyecto busca realizar un análisis de calidad del suelo en donde se evalué si la porquinaza líquida que se irriga en la granja, afecta o beneficia el suelo, mediante un montaje de 4 parcelas, en las cuales se manejaron diferentes porcentajes P/V de este residuo, para analizar como este actúa en el suelo y cuál de los porcentajes se comporta de forma favorable, disminuyendo la afectación ambiental que se presenta en la granja debido a su riego desmedido.

Por otro lado, se daría la disposición y el aprovechamiento adecuado del residuo líquido, implementando las 3 R (retorno, recuperación y reciclaje), en donde a partir de una disposición final incorrecta, se busca reutilizar la porquinaza en un volumen definido para realizar el riego del terreno, mejorando la calidad del suelo y no afectando las condiciones ambientales del lugar.

## 6. Antecedentes investigativos

**Estudio del impacto ambiental en una granja porcícola en el municipio Tibirita-Cundinamarca.** Rafael Antonio Pérez Hettinga. En esta investigación se realizó el estudio de los impactos ambientales para una granja porcícola ubicada en el municipio de Tibirita Cundinamarca, mediante una matriz de identificación de impactos y se evaluaron mediante el método EPM o método Arboleda. Los elementos ambientales con mediano impacto fueron la Contaminación del suelo por actividades derivadas de la granja, vertimiento de aguas residuales a fuentes de agua y vertimiento de aguas residuales al suelo. En cuanto a la probabilidad baja que se pueda presentar un impacto, se encontró aumento de emisión de olores ofensivos, aumento de presencia de moscas, vectores y roedores, quejas provenientes de actividades de la granja y exposición de empleados a riesgos laborales por inexistencia de bioseguridad. Se desarrollaron diferentes medidas de correcciones, mitigación, compensación con la finalidad de reducir la magnitud de los impactos, el cual se plantearon fichas de manejo para los diferentes impactos en los componentes socio ambientales, cuya responsabilidad recae sobre la administración de la granja. Es importante realizar un registro de las actividades de limpieza de la granja, de las redes de conducción de aguas residuales con el objetivo de evitar posibles focos contaminantes que afecten la población. Con la identificación de los impactos ambientales, permitirá en el futuro que las granjas porcícolas hagan un mejor uso del suelo, del agua, del aire disminuyendo el grado de contaminación y las enfermedades ocasionadas por consecuencia de esta. (Pérez Hettinga, 2017)

**Programa de manejo de impactos ambientales de la granja porcícola Monterrey.** Diana Marcela Jiménez García. Las granjas visitadas presentaban dificultades ambientales, como el desperdicio de agua, mal manejo de residuos sólidos, vertimientos de aguas residuales, vertimientos de desechos del lavo del corral en los suelos generando impactos ambientales negativos.

El proceso productivo porcícola afecta el medio ambiente mediato, hasta el punto de generar inconvenientes con la autoridad ambiental, además crea inconvenientes con las personas de predios aledaños a la explotación. En la medida en que se continúe con las mismas prácticas de producción el problema se convierte en uno mayor, debido a la contaminación de aguas cercanas, la contaminación del suelo, la generación potencial de olores y la formación de focos de vectores, aspectos que afectan directamente el tema de salubridad. Sumado a esto se tiene el Incumplimiento de un conjunto de normas sobre vertimientos, residuos y producción pecuaria. La Granja Porcícola Monterrey, presenta las mismas dificultades ambientales antes mencionadas: no se encuentra en conformidad con la normatividad aplicable en el tema ni presenta esquemas de manejo que permitan mitigar los efectos negativos de la producción; la consecuencia directa de esto es la presión continua proveniente de la autoridad ambiental y las quejas de los vecinos, de continuar desarrollándose de esta forma puede conllevar incluso a su cierre en el más crítico de los casos. (Jiménez García, 2010)

**Porquinaza en la alimentación animal.** Olivia Castrillón Quintana; Ricardo Andrés Jiménez Pérez; Oswaldo Bedoya Mejía.  A nivel mundial, el mayor problema que enfrentan las explotaciones porcinas es la generación de excretas, que, al tener un gran potencial de nutrientes, contaminan el ambiente y pueden llegar a constituirse en el principal obstáculo para el futuro

desarrollo de la industria animal. Las excretas de cerdo se han manejado tradicionalmente en un sistema cerdos-pasto-leche, aprovechando el mejoramiento de los suelos para pastos con la fertilización de materia orgánica para lograr una mayor producción de leche. Para utilizar los contenidos de nutrientes que contiene en especial la porquinaza, se puede pensar como alternativa la conversión a proteína unicelular, en un proceso de fermentación en estado sólido con microorganismos. Los países en desarrollo a pesar de ser fundamentalmente agrícolas no disponen de las condiciones climáticas ni del avance tecnológico que les permitan obtener cosechas productivas de cereales y granos con el fin de sustentar una producción pecuaria intensiva tradicional en gran escala. Los costos de alimentación en cualquier sistema de producción animal representan entre el 67 y el 83% de los costos totales, dependiendo de la intensidad de la producción y del costo relativo de los alimentos. Lo primero que se requiere para el uso adecuado de un ingrediente en la ración de los animales es su presencia en el mercado, luego que su calidad y precio permitan su inserción en un programa de alimentación y, finalmente que la inclusión del alimento sea posible física y técnicamente. (Castrillón Quintana, Jiménez Pérez, & Bedoya Mejía)

**Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices.** Mario Pablo Cantú; Analía Becker; José Camilo Bedano & Hugo Francisco Schiavo. El avance de la agricultura en áreas con cierto grado de fragilidad hace necesario realizar evaluaciones del estado del sistema suelo mediante indicadores. El objetivo del trabajo fue desarrollar y aplicar un set mínimo de indicadores del estado del recurso suelo para evaluar la calidad del suelo en agroecosistemas con Molisoles de bajo a moderado desarrollo. La metodología se probó en una unidad ambiental homogénea, con Hapludoles típicos, bajo diferentes sistemas de uso y manejo,

en una cuenca pedemontana del Suroriente de la provincia de Córdoba. A las propiedades medidas (carbono orgánico, pH, saturación de bases, agregados estables en agua, velocidad de infiltración, densidad aparente y el espesor horizonte A) se le establecieron rangos de calidad a partir de los cuales se normalizaron los indicadores. Los indicadores seleccionados son un número mínimo de variables con alto grado de agregación, fáciles de medir y repetibles, representando las condiciones locales. Estos indicadores de estado del recurso suelo no son universales ya que fueron elegidos en función del tipo de ambiente y suelo de la región en estudio. (Cantú, Becker, Bedano, & Schiavo, 2007)

**Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano.** Diego David Jamioy Orozco. Con la finalidad de proponer indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos en algunas propiedades físicas y químicas en oxisoles del piedemonte llanero colombiano, se realizó un muestreo aleatorio (diseño completamente al azar) en 11 sistemas de uso, mediante cajuelas de observación de 40 $cm^2$ por 50 cm de profundidad, describiendo 5 cajuelas morfológicamente por sistema productivo y tomando muestras sin disturbar para determinaciones físicas y disturbadas para determinaciones químicas. Con los datos físicos y químicos que resultaron del muestreo se elaboró una base de datos, la cual se trató estadísticamente con análisis descriptivo, para caracterizar los suelos de los diferentes sistemas productivos. Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales para seleccionar los indicadores químicos y físicos. El ACP unido a un criterio técnico permitió seleccionar como indicadores: carbono orgánico, pH, acidez intercambiable, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, hierro, saturación, capacidad de

campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, estabilidad estructural, textura y resistencia a la penetración. Los anteriores indicadores fueron procesados con análisis de correlación y de varianza con prueba de Duncan a excepción del calcio y el magnesio. Los resultados sugieren que los sistemas productivos influyen en la calidad de los suelos a través de sus prácticas de manejo principalmente. (Jamioy Orozco, 2011)

**Propuesta metodológica para determinar la calidad del suelo sembrado en caña de azúcar en el ingenio manuelita.** Yuri Peralta García**.** Esta investigación tuvo como objetivo determinar el índice de calidad de los suelos sembrados en caña de azúcar (Saccharum officinarum) como herramienta para monitorear e identificar posibles procesos de degradación en suelos del Valle del Cauca Colombia. Los suelos que predominan en la zona de estudio son clasificados como Molisoles, Vertisoles y se les midieron 37 variables entre físicas, químicas y biológicas, más variables asociadas al clima de la zona y del cultivo: se incluyó toneladas de azúcar por hectárea mes, toneladas de caña por hectárea mes, y rendimiento. Los índices de calidad química, físicos, biológicos se obtuvieron a partir de análisis de componentes principales (ACP) donde las varianzas de cada indicador y componente, se relacionó con el grado de limitación para la productividad del cultivo, calificado y ponderado de 1 - 5; el índice de calidad de los suelos en porcentaje se obtuvo por sumatoria de los anteriores índices divididos por su calidad potencial, multiplicado por cien; posteriormente se realizó un análisis de varianza que compara los índices de calidad de suelos entre zonas de alta productividad con suelos de baja productividad. Se encontró diferencias significativas en los suelos analizados; Las características que diferencian a un suelo productivo de otro no productivo son su fertilidad, capacidad de enraizamiento, expresión productiva (producción de biomasa vegetativa). (Peralta Garcia, 2012)

# 7. Objetivos

## 7.1 Objetivo general

Analizar la calidad del suelo debido a la irrigación de residuo líquido de porcinaza en la granja porcícola el Pomarroso

## 7.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial de la granja porcícola, para determinar el tipo de suelo, estructura, funcionamiento y manejo de este en la granja.
- Definir las unidades de muestreo y sus respectivas parcelas con el fin de que la unidad sea homogénea en pendiente, uso y cobertura.
- Determinar la calidad del suelo en la granja porcícola, con base a los parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo medidos en laboratorio, teniendo en cuenta la estructura, función y manejo del agroecosistema.

## 8. Marco teórico

El sector porcícola ha tenido un crecimiento a lo largo de los últimos quince años y se ha activado en el mercado con la participación de la Asociación Colombiana de Porcicultores, la cual promueve el consumo cárnico con mejores tecnologías y la modernización del sector. En Colombia se ubica en el séptimo lugar del continente, con una producción de 152 mil toneladas anuales. La producción porcina está dirigida a atender el consumo doméstico y por su parte existe un mínimo exceso de demanda que se equilibra con importaciones que realiza el país. (Sánchez, 2017).

- **Descripción de granja porcina de estudio**

La granja el Pomarroso se encuentra ubicada en las afueras de Bogotá, saliendo por Soacha y tomando la vía El charquito, en la vereda Arracachal - San Antonio de Tequendama, con coordenada*s 4.574891, -74.312680* como se muestra en la *ilustración 1*, esta cuenta con un área de 13 hectáreas (Ha) en la cuales según el EOT de la zona no se encuentra ningún cuerpo de agua aledaño y se presentan inclinaciones de 5 a 7 %.

La vereda en la cual está ubicada tiene como características importantes del suelo su textura franco arenoso color negro, pH ácido y baja capacidad de intercambio catiónico (CIC). Hace un tiempo una gran parte del suelo de la granja fue destinado al cultivo de mora, tomate y curuba, actualmente en este suelo se realiza el riego de residuos líquidos de porcinaza por lo cual está cubierto de pastizales.

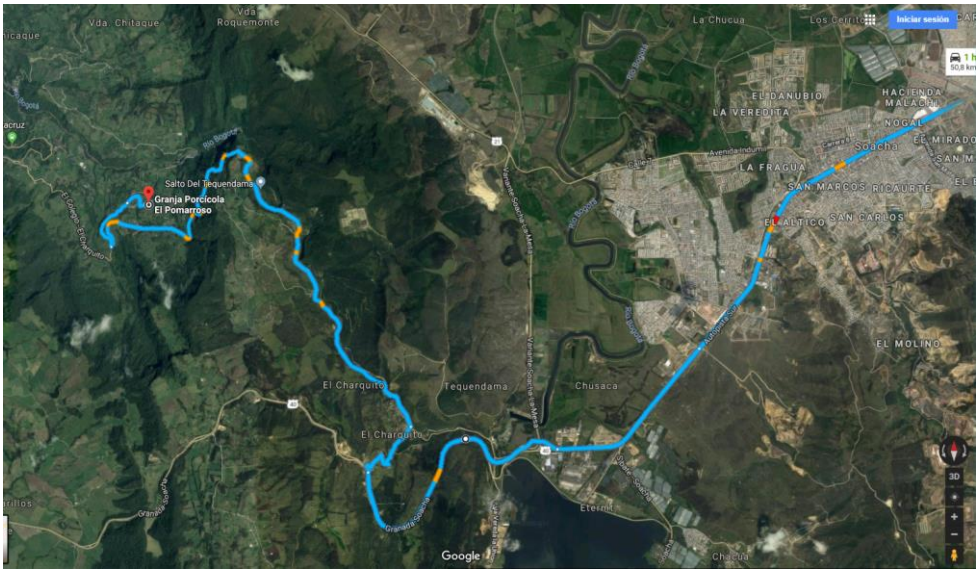



*Ilustración 1 Ubicación de la granja de estudio*

*Fuente: Google Maps*

El ciclo productivo en la granja porcina el Pomarroso tiene como finalidad principal criar cerdos con destino a planta de beneficio para obtener carne destinada para consumo humano, bien sea de consumo fresco o para la generación de subproductos cárnicos. El ciclo de la granja es completo con una capacidad de 200 madres, se divide en las etapas que se muestran en la *Ilustración 2*:

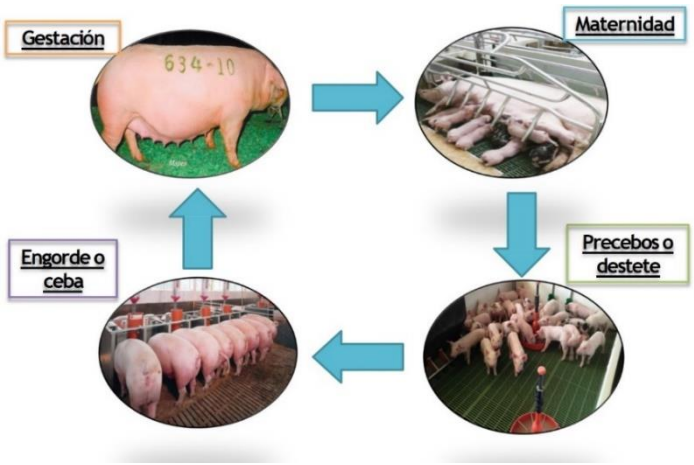



*Ilustración 2 Etapas del ciclo productivo de la granja el Pomarroso*

Fuente: autores, 2019

- Etapas

- **Gestación:** Con la inseminación de la cerda de cría por parte del operario la producción de la cerda puede estar alrededor de 16 semanas (tiempo normal de gestación). La alimentación de las hembras reproductoras es muy importante para evitar la esterilidad de estas por exceso de tejido adiposo alrededor del sistema reproductor. Para generar la estimulación de las hembras reproductoras es importante que estén en contacto regular con el macho reproductor para que el celo sea inducido más rápidamente, diez días antes del parto es necesario tener todo listo para la recepción de los lechones y la cerda debe ser traslada a la sección de maternidad.

- **Maternidad**: Es donde la cerda se prepara para el parto de los lechones, este debe ser manejado antes de que suceda, normalmente con 10 días de anterioridad, la sala de parto debe permanecer higiénica, el parto del animal se presenta a los 115 días desde la preñez. Durante el parto se deben mantener los lechones en las instalaciones adecuadas donde se

garantice una temperatura de 30 C; posterior al parto se debe manejar el control sanitario correspondiente para garantizar el bienestar de la cerda y de los lechones, el destete de los lechones se debe hacer 4 semanas después del parto para pasar a la etapa de precebos o destete.

- **Precebos o destete**: Es cuando los lechones son destetados de la madre, es decir, cuando tienen una edad aproximada de 21 días, aquí permanecen alrededor de 8 semanas; es indispensable mantener las condiciones sanitarias para alcanzar altos rendimientos en la producción de la granja. La alimentación de los lechones es a voluntad y deben tener acceso a agua en abundancia, con temperatura que oscila entre los 20 C. Es muy importante que el lote de lechones sea homogéneo en tamaño y peso para tener una producción uniforme desde este punto de la producción.

- **Engorde o ceba**: En estas instalaciones se da la última etapa del sector productivo de la granja. Los cerdos deben contar con un peso aproximado de 70 libras. En esta sección las instalaciones son diferentes, deben tener un metro cuadrado por animal, de igual manera es importante contar con buena ventilación, un adecuado sistema de drenaje de los residuos líquidos, debido a que el aseo de las instalaciones debe hacerse a diario. Se debe tener en cuenta el área de tratamiento de desechos, debido a que es un componente importante en toda la producción, para reducir la contaminación ambiental y en casos severos tener problemas de tipo legal por multas o sellamientos de la granja. Debe contar con un separador de residuos sólidos, un área de secado de porcinaza, biodigestores y lagunas de oxidación. (Paramio, Manteca, Milan, & Piedrafita, 2010)

- **Suelo**

El suelo es un recurso indispensable para la vida que permite el desarrollo de las plantas, los animales y el hombre. Sin embargo, aún no se reconocen todas las funciones que realiza, por lo que el concepto general de suelo fértil se refiere más bien a sus propiedades químicas, específicamente a la disponibilidad de los macro - elementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio). (Arrieche, 2012)

El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos. Al desarrollar este concepto, también se ha considerado que el suelo es el substrato básico para las plantas; capta, retiene y emite agua; y es un filtro ambiental efectivo. En consecuencia, este concepto refleja la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa. (García, Ramírez, & Sánchez, 2012)

Condiciones que deben cumplir los indicadores de calidad del suelo

- Describir los procesos del ecosistema.
- Integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir.
- Ser sensitivas a variaciones de clima y manejo.
- Ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo.
- Ser reproducibles.

- Ser fáciles de entender.
- Ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica.
- Cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.

➢ Indicadores de calidad del suelo

Existen propiedades alternativas para evaluar la calidad del suelo, Larson y Pierce; Doran, Parkin y Seybold plantearon un conjunto mínimo de propiedades del suelo para ser usadas como indicadores para evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al tiempo (*Tabla 1)*. Los indicadores disponibles para evaluar la calidad de suelo pueden variar de localidad a localidad dependiendo del tipo y uso, función y factores de formación del suelo. La identificación efectiva de indicadores apropiados para evaluar la calidad del suelo depende del objetivo, que debe considerar los múltiples componentes de la función del suelo, en particular, el productivo y el ambiental.

La identificación es compleja por la multiplicidad de factores químicos, físicos y biológicos que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en intensidad con respecto al tiempo y espacio.

| Propiedad | Relación con la condición y función del suelo | Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación |
|---|---|---|
| **Físicas** | | |
| Textura | Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo | % de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje |
| Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces | Estima la productividad potencial y la erosión | cm o m |
| Infiltración y densidad aparente | Potencial de lavado; productividad y erosividad | minutos/2.5 cm de agua y $g/cm^3$ |
| Capacidad de retención de agua | Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica | % ($cm^3/cm^3$), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación |
| **Químicas** | | |
| Materia orgánica (N y C total) | Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión | Kg de C o N $ha^{-1}$ |
| pH | Define la actividad química y biológica | comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana |
| Conductividad eléctrica | Define la actividad vegetal y microbiana | $dSm^{-1}$; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana |
| P, N, y K extractables | Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental | Kg $ha^{-1}$; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos |
| **Biológicas** | | |
| C y N de la biomasa microbiana | Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica | Kg de N o C $ha^{-1}$ relativo al C y N total o $CO_2$ producidos |
| Respiración, contenido de humedad y temperatura | Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa | Kg de C $ha^{-1}$ $d^{-1}$ relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C |
| N potencialmente mineralizable | Productividad del suelo y suministro potencial de N | Kg de N $ha^{-1}d^{-1}$ relativo al contenido de C y N total |

*Tabla 1 Indicadores para monitores la calidad del suelo*

Fuente: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente (2004)

**Indicadores físicos**: Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las

limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

**Indicadores químicos**: Los indicadores propuestos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos.

Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable.

**Indicadores biológicos:** Los indicadores biológicos propuestos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración, ergosterol y otros subproductos de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana. Como la biomasa microbiana es mucho más sensible al cambio que el C total se ha propuesto la relación Cmicrobiano: Corgánico del suelo para detectar cambios tempranos en la dinámica de la materia orgánica. (Bautista Cruz, Etchevers Barra, del Castillo, & Gutiérrez, 2004)

*Uso del suelo Vereda Arracachal*

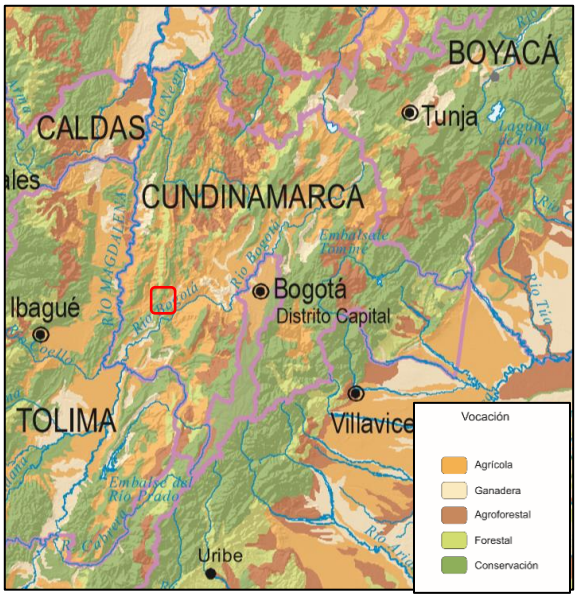



*Ilustración 3 Uso del suelo, Zona del Tequendama*

*Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi*

Como se puede observar en la *ilustración 3* el suelo de la Vereda Arracachal en la cual se encuentra ubicada la granja el Pomarroso es de uso agrícola y ganadero, lo cual se debe tener en cuenta para el análisis de calidad de suelo, donde se observará las características propias de este tipo de suelos.

- **Economía circular**

La economía circular es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible. (Prieto Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017).

- Principios en que se apoya una economía circular
  - Principio 1. Preservar y aumentar el capital natural, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables.
  - Principio 2. Optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico.
  - Principio 3. Promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas.

(Cerdá & Khalilova, 2016).

De acuerdo con su definición y principios se señalan las características claves para una economía circular. (*Ilustración 4*)

*Ilustración 4 Características de la economía circular*
Fuente: Revista economía industrial (2017), Adaptado por autores

Teniendo en cuenta lo mencionado, este proyecto toma los principios de la economía circular como base que la disposición final del residuo liquido de porquinaza no afecte las condiciones ambientales de la granja, y así mismo crezca su economía circular.

- **Logística inversa**

Es el proceso de planificar, implementar y gestionar la eficiencia del flujo de las materias primas, proceso de inventariado, productos terminados e información, desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de recuperar el valor de la mercancía o el uso adecuado. (Feal Vázquez, 2008)

La logística también evoluciona y se adapta a las necesidades que de forma gradual va teniendo el sector. Este tipo de logística nació para ayudar en el cuidado del medio ambiente, una necesidad cada vez más importante en el sector.

- Ventajas
  - Cuidado del medio ambiente: reduce el impacto medioambiental, aunque no es un objetivo primordial, sí que se ocupa de ello.
  - Reduce el coste: el poder reciclar, volver a usar o incluso fabricar materiales de nuevo, es una manera de ahorrar respecto a la compra de nuevas materias primas.
  - Reducción en el consumo de recursos: esto hace que se minimice el gasto en compra y abastecimiento de materiales, además de en recursos nuevos.
  - Una mejor relación entre el cliente y los proveedores: las dos partes salen beneficiadas.

(Rentero, 2018)

## 9. Marco legal

*Tabla 2 Normatividad*

| ASPECTO | NORMA | CONSIDERACIÓN |
|---|---|---|
| Agua | Decreto 3930 de 2010 | Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. En donde se puede determinar si el residuo líquido de porquinaza es apto para el riego en el suelo |
| Suelo | Ley 23 de 1973 | Por la cual se reglamenta la prevención y control de la contaminación del medio ambiente, mejoramiento conservación y restauración de los recursos naturales renovables. Se tiene en cuenta en cuanto a cómo este residuo líquido de porquinaza puede afectar o beneficiar las propiedades del suelo de la granja y como el por qué se debe realizar un análisis de las características de este |
| | Decreto Ley 2811 de 1974 | Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en donde se señala que el uso de los suelos debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos y que se debe determinar el uso potencial y clasificación de los suelos según los factores físicos, ecológicos, y socioeconómicos de la región. |
| | Ley 388 de 1997 | Ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo. Donde este fundamenta los usos que la granja porcina le da a sus suelos. |
| | Ley 507 de 1999 | Establece que el ordenamiento del territorio municipal y distrital tiene por objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, mediante la definición de las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, |

| | | |
|---|---|---|
| | | sociales, urbanísticos y ambientales. En donde se podrán determinar en caso de afectaciones al suelo, estrategias para la remediación de este |
| | Decreto 4741 de 2005 | Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Tomando en cuenta que la granja maneja residuos peligrosos y se debe tener controlado el manejo de este tipo de residuos |
| Residuos sólidos | Resolución 1362 de 2007 | Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el registro de generadores de residuos o desechos peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27º y 28º del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. En donde se tiene claro el registro que tiene la granja de generación de residuos peligrosos |
| | Decreto 2981 de 2013 | Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. En se observará si la granja cuenta con la prestación del servicio de aseo y cumple con toda la normatividad sanitaria |
| Ministerio de agricultura y desarrollo rural | | Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. |
| NTC 5167 de 2011 | | Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. |

Fuente: autores, 2019

## 10. Metodología

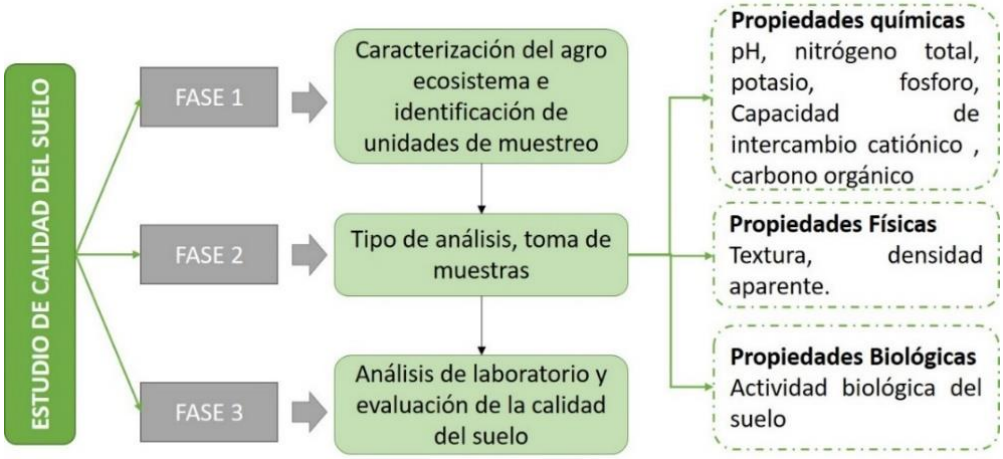



*Ilustración 5 Metodología*
Fuente: autores, 2019

El proyecto de análisis de calidad del suelo en la porcícola se dividió en tres fases para la caracterización, toma de muestras y análisis de laboratorio

### 10.1 Fase 1: caracterización del agroecosistema e identificación de unidades de muestreo

Se llevó a cabo una descripción de la estructura, funcionamiento y manejo del sistema identificando: sus entradas, componentes (sistemas y subsistemas), manejos, procesos, interacciones y salidas, con el fin analizar los factores que influyen sobre la calidad del suelo con manejo orgánico.

Se realizó una descripción de las unidades fisionómicas que componen el agroecosistema, teniendo en cuenta componentes (factores bióticos y abióticos), distribuciones, entradas, salidas.

Una vez obtenida la descripción del agroecosistema se decidió sobre cuáles serían las unidades de muestreo para el subsistema suelo. Con el fin de que la unidad de muestreo fuera homogénea en los aspectos: pendiente, uso y cobertura.

## 10.2 Fase 2: tipo de análisis y toma de muestras

Una vez definidas las unidades de muestreo y sus respectivas parcelas, se procedió a tomar una muestra compuesta. Esto quiere decir que está compuesta de varias submuestras tomadas aleatoriamente en la unidad de muestreo.

Se realizó un montaje de 2 unidades de muestreo de 25 $m^2$, en donde el suelo en el que hubo cultivo de mora, tomate y curuba, se denominó unidad 1, el cual fue dividido en 4 parcelas, donde se efectuó un riego en diferentes porcentajes de P/V, (debido a que el suelo presente en la granja cuenta con inclinaciones de 5 a 7%; se contó con una distancia de 50 cm entre parcelas para que no se alteren). Para el riego realizado se tomó como base un volumen total del residuo líquido de porquinaza de 300 L, del cual se toman porcentajes de 5% = 15 L, 10% = 30 L y 15% = 45 L, este procedimiento se muestra en la *ilustración 6.*

*Ilustración 6 Unidad 1: suelo donde hubo cultivo*

| | |
|---|---|
| Parcela control | 5% |
| 10% | 15% |

Fuente: autores, 2019

El segundo terreno se denominó unidad 2, el cual se tomó como un 100% ya que presenta un encharcamiento, es decir, que todos los espacios del suelo están llenos de agua, debido a que la granja ha hecho un riego desmedido, no permitiendo así su drenaje, por lo cual no se pudo realizar un riego con diferentes porcentajes como en la unidad 1, por lo tanto, se dice que el suelo se encontraba saturado. (*Ilustración 7).* Esta unidad se tomó como un punto extremo en el análisis de calidad de suelo, para observar las condiciones del suelo en esta situación (saturado).

*Ilustración 7 Unidad 2: suelo saturado*

| | |
|---|---|
| Parcela control Unidad 1 | 100% |

Fuente: autores, 2019

Toma de muestras:

Se realizó un muestreo antes de realizar el riego del residuo liquido de porquinaza en la unidad 1, para conocer sus características fisicoquímicas y biológicas iniciales. Luego de esto se realizó el riego de porquinaza líquida en los diferentes porcentajes (5%, 10% y 15%) y se tomó un tiempo de espera de 1 mes para la toma de la otra muestra. En total se tomaron 4 muestras.

El tipo de muestreo realizado fue en zigzag, el cual consiste en tomar diferentes submuestras a lo largo y ancho de la parcela, en la Ilustración 8 se observan los puntos en los cuales se tomaron las submuestras en cada una de las parcelas de la unidad 1 que fueron irrigadas con el residuo líquido de porquinaza; para luego ser mezcladas.

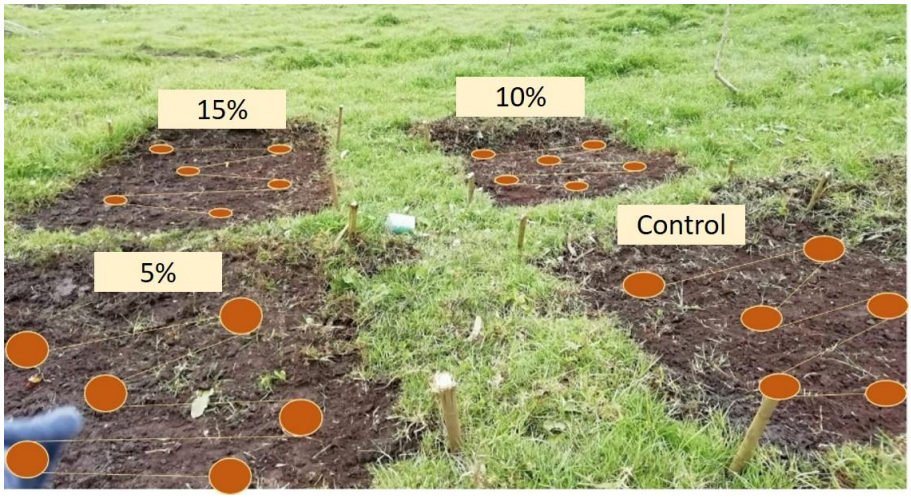



*Ilustración 8 Toma de muestras (Unidad 1)*
Fuente: autores, 2019

Con la pala se retiraron los primeros 2 cm del suelo (A), luego se abrió un hoyo de 25 x 25 cm de lado y 10 cm de profundidad (B), se tomaron 6 submuestras que luego se mezclaron en un balde hasta obtener una muestra compuesta homogénea (C) (*Ilustración 9)*

*Ilustración 9 Toma de muestras (Unidad 1)*
Fuente: autores, 2019

Se procedió a empacar aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas que no habían sido usadas antes, luego se rotularon cada una de las muestras tomadas, este rótulo de identificación no debe estar en contacto directo con el suelo a analizar (*Ilustración 10*).

*Ilustración 10 Muestra en bolsa plástica*
Fuente: autores, 2019

Se realizaron tres tipos de análisis, el primero para medir indicadores químicos, el segundo para indicadores físicos y el tercero para indicadores biológicos.

- Indicadores químicos: pH, nitrógeno total, potasio, fosforo, Capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico.
- Indicadores físicos: Textura, densidad aparente
- Indicadores biológicos: Actividad biológica del suelo

**10.3Fase 3: análisis de laboratorio y evaluación de la calidad del suelo**

La muestra compuesta tomada se llevó al laboratorio para su debido análisis y comparación que se encuentra en el numeral 11.2.

1. **Indicadores químicos:**
   - ✓ pH:

Se tomaron 30 ml de suelo en pasta saturada, se le agregaron 60 ml de agua destilada, se agitó durante una hora y se hizo lectura directamente sobre la suspensión.

Cálculos: El equipo da la lectura directa del pH.

(Calderón Sáenz & Pavlova, 2018)

- ✓ Nitrógeno total:

La determinación de Nitrógeno total en el suelo se realizó mediante el método Kjeldhal, el proceso se desarrolló en dos etapas:

1. Digestión: Por medio del ácido sulfúrico se destruye la materia orgánica. Este actúa como oxidante, los gases de $H_2SO_4$ que se forman a una temperatura de 338°C se disocian en forma de

$SO_3$ y $H_2O$. El $SO_3$ se descompone en $SO_2$ y oxígeno, el oxígeno oxida el Carbono y el Hidrógeno de la materia orgánica para convertirlos en $CO_2$ y $H_2O$. El Nitrógeno se convierte en NH3 que con el ácido Sulfúrico forma el Sulfato de Amonio.

2. Destilación: Se realizó con hidróxido de Sodio (NaOH) mediante el cual el sulfato de Amonio se destila como amoníaco y se recibe en una solución de ácido Bórico ($H_3BO_4$). Posteriormente el $NH_4^+$ se tituló con ácido Sulfúrico.

$(NH_4)2\ SO_4 + 2NaOH$ ==> $Na2\ SO4 + 2\ NH_3 + 2H_2O$

(Calderón Sáenz & Pavlova, 2018)

- ✓ Potasio y fosforo:

Método Morgan

Un método muy conveniente de analizar estos elementos en el suelo es a través de la extracción simultánea de los mismos mediante un reactivo a base de Cloruro de Sodio y Ácido Cítrico. Este reactivo tiene la virtud de que extrae las bases intercambiables por el Sodio, extrae el Fósforo soluble en agua más el soluble en Citrato (Fósforo Asimilable) y extrae los elementos menores por el Ácido Cítrico.

Procedimiento

Se tomaron 10 ml de pasta saturada de suelo, se agregaron 100 ml de solución extractora y se agitó durante una (1) hora, se filtró. Del filtrado se tomaron 24.5 ml y se agregaron 0.5 ml de solución de Oxido de Lantano al 5% P/V. En esta alícuota se leen las bases (K, Ca y Mg). En

otra alícuota se leen los cationes (Fe, Mn, Cu y Zn) por absorción atómica directamente contra patrones preparados en el reactivo de extracción. (Calderón Sáenz & Pavlova, 2018)

- ✓ Capacidad de intercambio catiónico:

Para el intercambio catiónico se utilizó el acetato de Sodio 1N, luego el suelo se lavó con etanol del 95% varias veces hasta que los lavados den una conductividad menor de 0.5 mmhos/cm. Se hizo después un intercambio con acetato de amonio 1N y neutro. El Na extraído se determinó por absorción Atómica.

Marcha Analítica

Se tomaron 5 ml de suelo, se agregaron 100 ml de Acetato de Sodio 1N, se agitó durante una (1) hora, se filtró (papel Whatman 42).

El residuo se lavó cinco (5) veces con Etanol, se dejó secar durante 24 horas. Una vez seco se agregó 100 mls de Acetato de Amonio 1N y neutro, se agitaó durante una (1) hora y se filtró (papel de filtro Whatman 42). Del filtrado se tomó un (1) ml. + 8.8 ml de Acetato de Amonio y 0.2 ml de óxido de Lantano al 5% se lee el Na por emisión de llama o por absorción atómica.

Cálculos:

La capacidad de Intercambio catiónico se expresa como meq de Na en 100 ml de suelo.

$$meq\ Na/100\ ml\ =\ ppm\ Na\ Leídas\ x\ 10/1\ x\ 100/5\ x\ 100\ /\ 1000\ /\ 23$$

$$=\ ppm\ leidas\ Na\ x\ 0.8695$$

(Calderón Sáenz & Pavlova, 2018)

- ✓ Carbono orgánico:

Técnica volumétrica

Se pesaron 0,30 g de muestra tamizada de suelo (2 mm) y se colocó en un Erlenmeyer de 250 mL, se agregaron 10 mL de solución de dicromato de potasio 0,17 M y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado y se agitó vigorosamente durante un minuto. Se dejó reposar durante 30 minutos.

Una vez frío, se diluyo con agua destilada hasta completar un volumen de 100 mL y se adiciono 5 mL de ácido fosfórico concentrado. Se dejó reposar durante 10 minutos, se agregó de 20 a 30 gotas de difenilamina al 0,5% y se valoró el exceso de dicromato con una solución de sulfato ferroso 1 M, teniendo en cuenta el paso de un color púrpura oscuro a un verde brillante, llevando un blanco para cada serie de muestras. (García Galvis & Ballesteros Gonzáles, 2005)

2. **Indicadores físicos:**

- ✓ Textura por método por Bouyoucos:
  - Se determino la humedad gravimétrica y sobre la base de suelo seco se pesaron 50 g tamizados a 2mm
  - Se paso el suelo a la copa de dispersión y se agregó el agente dispersante 10 ml y agua de la llave hasta un poco por encima de la mitad de la copa y se dejaron en reposo unos minutos o toda la noche
  - Se sometió el suelo a dispersión por 10 minutos o 15 si es de textura fina.
  - Se vertió el contenido de la copa a una probeta de 1000 ml y se aforo con agua de la llave.
  - Se agitó con el émbolo 10 veces verticalmente.

- Tan pronto como se termino la agitación se puso en marcha el cronómetro y sumergió cuidadosamente el hidrómetro en la suspensión.
- Se anoto la lectura del hidrómetro en la suspensión a los 40 segundos de haber cesado la agitación.
- Se saco cuidadosamente el hidrómetro y se tomó la temperatura.
- Se dejo en reposo por dos horas y se volvió a tomar lectura con el hidrómetro y la temperatura.

(Servicio Nacional de Aprendizaje, 2013)

✓ Densidad aparente:

Se seco la muestra en el horno a 105 C, hasta que alcanzo un peso constante. La densidad aparente se calculó dividiendo el peso seco del suelo por el volumen que ocupaba en el campo:

$$Dap = \frac{peso\ de\ los\ solidos\ de\ la\ muestra\ o\ peso\ seco}{volumen\ de\ los\ solidos + volumen\ de\ los\ poros}$$

(Rubio Gutiérrez, 2010)

3. **Indicadores biológicos:**

✓ Actividad biológica del suelo:

La evaluación biológica se realizó por el método de Conteo en placa por siembra en superficie / Muestras de suelo, compost, líquido. Limitado a cuantificación, tomando una muestra de suelo de cada una de las parcelas a estudiar, para ser llevadas al laboratorio y realizar un análisis microscópico donde se haga el conteo de las especies (hongos, bacterias tipo actinomiceto, bacterias heterótrofas, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfato, celulíticos.) existentes en el mismo.

# 11. Resultados y discusión

## 11.1 Fase 1: caracterización del agroecosistema e identificación de unidades de muestreo

### 11.1.1 Caracterización del agroecosistema

Para la caracterización del agroecosistema, se muestra el proceso en los diferentes puntos por donde pasa el residuo líquido de porquinaza, hasta llegar al suelo.

Para iniciar la granja el Pomarroso (*Ilustración 11*) tiene como finalidad principal criar cerdos con destino a planta de beneficio para obtener carne destinada para consumo humano, cumpliendo con un ciclo productivo completo el cual consta de las etapas de gestación, maternidad, precebo y engorde. La granja tiene terrenos extensos en donde se evidencian diferentes actividades como la ganadería, agricultura y porcicultura. Para realizar el análisis, se escogieron 2 terrenos, en los cuales, al primer terreno no se le ha hecho ningún tipo de riego y al segundo se le ha hecho un riego en exceso con el residuo líquido de porquinaza, por lo cual se presenta un encharcamiento el cual no permite el drenaje del agua.

*Ilustración 11. Granja el Pomarroso*
Fuente: autores, 2019

El residuo líquido se genera en la sección de precebo y engorde (*Ilustración 12)*, en donde se prepara el cerdo para la destinación al matadero. En la granja el Pomarroso hay dos corraleras de igual dimensión para el mismo fin, en donde se le realiza un barrido todos los días, y el lavado día de por medio. Este lavado se realiza con solo agua, generando así un residuo líquido de agua y Porquinaza.

*Ilustración 12 Corraleras*
Fuente: autores, 2019

El residuo líquido es extraído fuera de las corraleras y enviado a un tanque de almacenamiento por medio de una tubería que va conectada desde la salida de la corralera hasta el tanque (*Ilustración 13*).

*Ilustración 13.Tanque de depósito de residuo líquido*
Fuente: autores, 2019

Como se observa en la ilustración 14, el tanque en la parte de arriba tiene un sistema de secado de Porquinaza donde también se genera el residuo líquido y cae al tanque, este tanque se estima que recolecta diario un volumen de 300 L, los cuales fueron tomados como base en el análisis de muestra para regar las parcelas a diferentes porcentajes, de la unidad de muestreo 1.

*Ilustración 14 Bloques de secado de Porquinaza*
Fuente: autores, 2019

En la ilustración 15 se observa el final del tanque, en el cual se encuentra una bomba centrifuga (A) la cual bombea el residuo líquido a los diferentes terrenos de la granja por medio de una manguera (B), generando así un riego desmedido y presentando encharcamiento en algunas zonas(C).

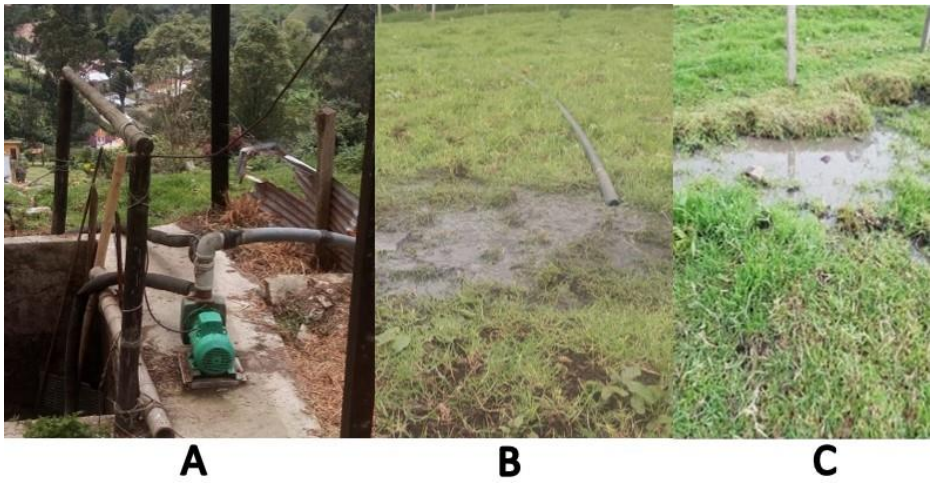



*Ilustración 15 Suelo con el residuo líquido*
Fuente: autores, 2019

### 11.1.2 Identificación de unidades de muestreo

Como se muestra en la ilustración 16, la primera unidad de muestreo es un suelo al que no se le ha hecho ningún tipo de riego con el residuo líquido. En esta unidad de muestreo se hizo la separación por parcelas; control = sin residuo líquido, 5% = 15L del residuo líquido, 10% = 30L del residuo líquido y del 15% = 45L del residuo líquido.

*Ilustración 16. Primera unida de muestro (suelo sin riego con residuo líquido)*
Fuente: autores, 2019

La segunda unidad de muestreo es un suelo al que se le ha hecho un riego de residuo líquido de porquinaza desmedido por parte de la granja, por ende, está saturado, es un suelo inestable y no tiene inclinación (*Ilustración 17*); teniendo en cuenta esto, se tomó como un 100% esta unidad, la cual es un punto extremo en el análisis de calidad, mostrando así las condiciones que se pueden dar en un suelo saturado.

*Ilustración 17 Segunda unidad de muestreo (suelo saturado)*
Fuente: autores, 2019

## 11.2 Fase 2: tipo de análisis y toma de muestras

El 6 junio del 2019 se recolecto el residuo liquido de porquinaza con ayuda de una probeta para medir el volumen estipulado para cada una de las parcelas (A, B), 5% = 15 L, 10% = 30 L y 15% = 45 L, luego de esto se procedió a realizar el riego del residuo líquido de porquinaza en los diferentes porcentajes (C). (*Ilustración 18*)

*Ilustración 18 Recolección y riego del residuo líquido*
Fuente: autores, 2019

Se tomó un tiempo de espera de 1 mes (1 de julio) para realizar la toma de muestras de cada una de las parcelas de la unidad 1, las cuales se entregaron al laboratorio Dr. Calderón Labs, en donde se realizó el debido análisis con la metodología mencionada en el numeral 9.3. Cada una de las muestras fueron pesadas (*Ilustración 19*) y empacadas en bolsas ziploc, se etiquetaron debidamente y se refrigeraron para evitar el cambio en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

*Ilustración 19 Pesaje de muestras*
Fuente: autores, 2019

Este mismo procedimiento se realizó para la toma de muestra siguiente (22 de julio), terminando el 12 de agosto el análisis fisicoquímico de la unidad 1, de igual forma se tomaron dos muestras adicionales de la unidad 1 (control y 5%) para el análisis microbiológico (*Ilustración 20*). Por último, el mismo día se tomó una muestra de la unidad 2 (saturado) y se llevó al laboratorio para su respectivo análisis fisicoquímico.

*Ilustración 20 Muestras Unidad 1 y 2*
Fuente: autores, 2019

### 11.2.1 Caracterización del residuo líquido

A continuación, en la tabla 3 se muestran los valores de la caracterización de la porquinaza líquida en cada una de las etapas presentes en una granja Porcicola.

*Tabla 3 Caracterización porquinaza*

| Etapa | pH | $DBO_5$ (mg/l) | Nitrógeno (mg/l) | Fósforo (mg/l) | Potasio (mg/l) | Densidad (kg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cría | 6 - 7 | 15410 | 2246 | 540 | 517 | 1,01 |
| Engorde | | 15500 | 159,6 | 23 | 589 | 1,01 |
| Gestación | | 12580 | 392 | 112 | 172 | 1 |
| Maternidad | | 9780 | 812 | 87 | 294 | 1 |
| Precebo | | 17050 | 1092 | 84 | 541 | 1 |

Fuente: Asociación PorkColombia, 2016

## 11.3 Fase 3: análisis de laboratorio y evaluación de la calidad del suelo

En la tabla 4 se presentan los valores obtenidos del análisis de laboratorio físicos, químicos y biológicos, en donde se muestran cada una de las parcelas con sus debidos porcentajes de la unidad 1.

*Tabla 4 Matriz de resultados*

| Propiedades | | Fecha | Control | 5% | 10% | 15% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Físicas** | **Textura** | **01/07/19** | *Franco-limoso* | *Limoso* | *Franco-limoso* | *Limoso* |
| | | **22/07/19** | - | *Limoso* | *Limoso* | *Limoso* |
| | | **12/08/19** | - | *Franco-limoso* | *Limoso* | *Limoso* |
| | **Densidad Aparente (g/ml)** | **01/07/19** | *0,65* | *0,64* | *0,65* | *0,68* |
| | | **22/07/19** | - | *0,64* | *0,66* | *0,69* |
| | | **12/08/19** | - | *0,65* | *0,66* | *0,66* |
| **Químicas** | **pH** | **01/07/19** | *5,6* | *5,6* | *5,1* | *4,7* |
| | | **22/07/19** | - | *5,3* | *4,7* | *5,4* |
| | | **12/08/19** | - | *5,3* | *5,4* | *5,2* |
| | **Potasio (ppm)** | **01/07/19** | *206,7* | *257,4* | *183,3* | *339,3* |
| | | **22/07/19** | - | *124,8* | *191,1* | *101,4* |
| | | **12/08/19** | - | *136,5* | *74,1* | *89,7* |

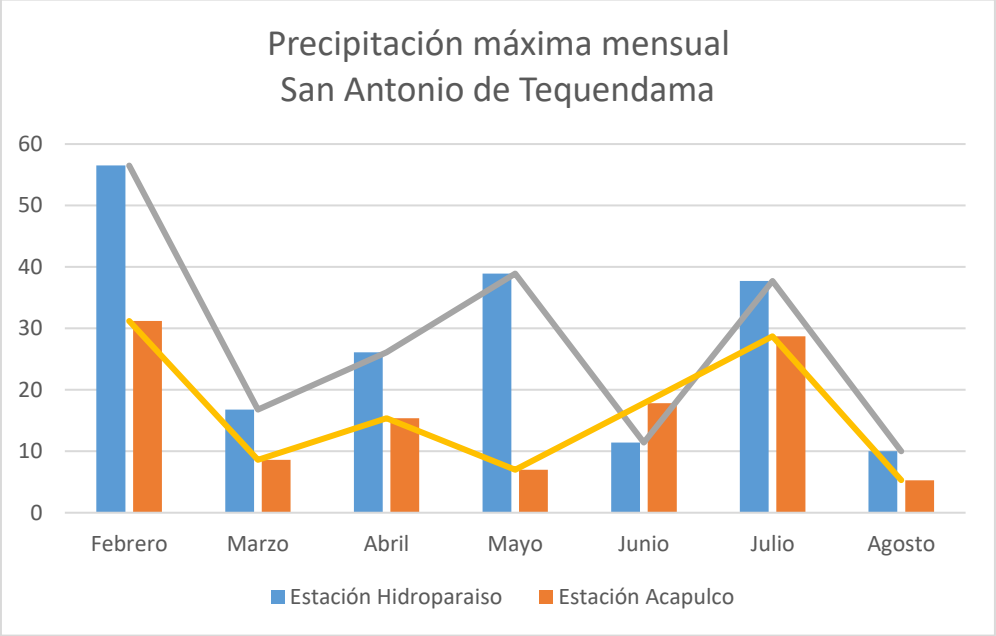
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Calcio (ppm)** | **01/07/19** | *1075* | *1383* | *1022* | *755,5* |
| | | **22/07/19** | - | *466,9* | *505* | *705,4* |
| | | **12/08/19** | - | *553,1* | *402,8* | *436,9* |
| | **Magnesio (ppm)** | **01/07/19** | *268,7* | *231* | *195,8* | *150,8* |
| | | **22/07/19** | - | *87,55* | *83,9* | *88,77* |
| | | **12/08/19** | - | *87,55* | *87,55* | *49,86* |
| | **Aluminio (ppm/100cc)** | **01/07/19** | *0,01* | *0,01* | *0,2* | *0,3* |
| | | **22/07/19** | - | *0,3* | *0,3* | *0,2* |
| | | **12/08/19** | - | *0,3* | *0,3* | *0,5* |
| | **CIC (meq/100g)** | **01/07/19** | *34* | *33* | *34* | *32* |
| | | **22/07/19** | - | *21,1* | *21,5* | *23,6* |
| | | **12/08/19** | - | *22,8* | *17,9* | *18,4* |
| | **Materia orgánica (%)** | **01/07/19** | *13,69* | *14,43* | *14,27* | *14,39* |
| | | **22/07/19** | - | *11,55* | *11,63* | *10,74* |
| | | **12/08/19** | - | *9,23* | *8,41* | *9,36* |
| | **Conductividad eléctrica (mS/cm)** | **01/07/19** | *0,54* | *0,63* | *0,88* | *2,26* |
| | | **22/07/19** | - | *0,29* | *1,3* | *0,4* |
| | | **12/08/19** | - | *0,37* | *0,36* | *0,39* |
| **Biológicas** | **Hongos (UFC/g)** | **12/08/19** | *9,8x10^4* | *5,1x10^4* | - | - |
| | **Bacterias heterótrofas (UFC/g)** | | *4,1x10^7* | *2x10^7* | - | - |
| | **Bacterias tipo actinomiceto (UFC/g)** | | *7,3x10^5* | *1,6x10^6* | - | - |
| | **Fijadores de nitrógeno libres (UFC/g)** | | *1,9x10^6* | *4,2x10^6* | - | - |
| | **Solubilizadores de fosforo (UFC/g)** | | *1,5x10^5* | *2x10^5* | - | - |
| | **Celulolíticos (UFC/g)** | | *8x10^5* | *8,4x10^5* | - | - |

Fuente: autores, 2019

Teniendo en cuenta las propiedades químicas presentadas en la tabla 4, la parcela con un porcentaje de residuo líquido del 5% es la que muestra un comportamiento optimo en el suelo, ya que presenta un aporte significativo de M.O, lo cual eleva su contenido de C.O, siendo beneficioso para el suelo; de igual forma al momento de agregar el residuo líquido en mayor proporción (10% y 15% de residuo líquido), las bases intercambiables (K, Ca, Mg, Al) del suelo van a disminuir, ya que se presentan dos comportamientos que hacen que esto ocurra, por ende su pH tiende a cambiar.

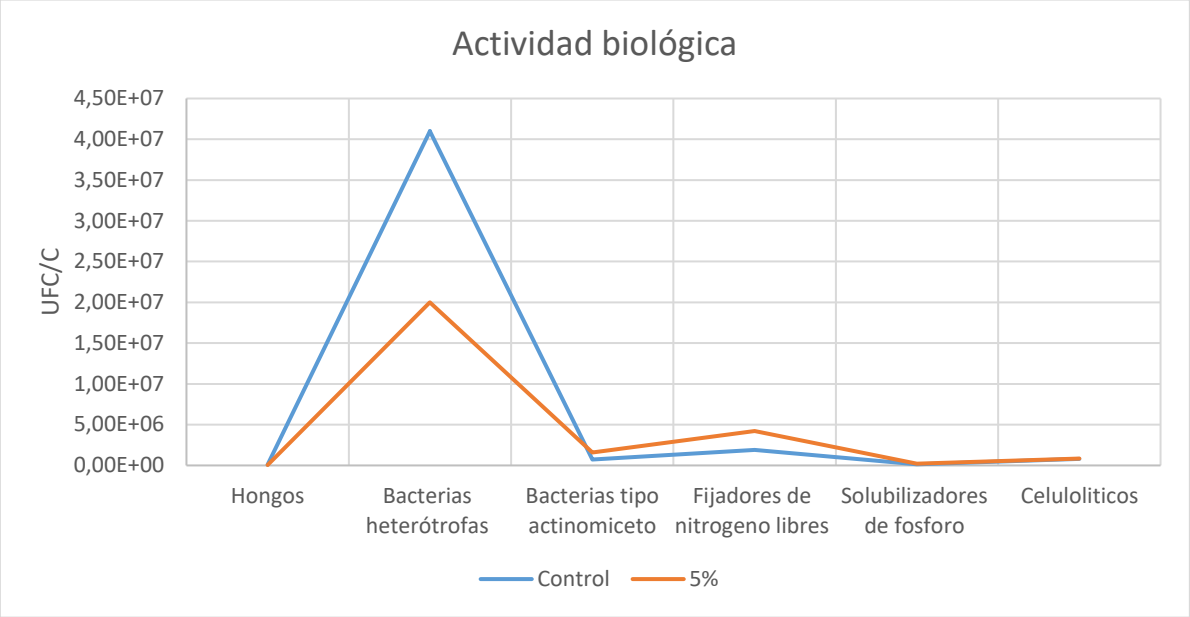
Los comportamientos son: la percolación, es cuando el agua aplicada sobre la superficie del suelo se infiltra y pasa poco a poco hacia capas más profundas, por lo que se deduce que es un suelo permeable, y la evapotranspiración, es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Estos comportamientos están relacionados directamente con las condiciones climáticas de la granja (Anexo 3 y 4). En la gráfica 1 se evidencia que entre los meses de junio y julio se presentaron cambios fuertes en el clima, como lo son precipitaciones altas y días soleados, por lo cual se puede justificar los valores arrojados en el análisis de laboratorio, donde se evidencian que a mayor contenido de agua hay mayor disociación de bases.




*Gráfica 1 Precipitación máxima mensual*
Fuente: IDEAM, 2019

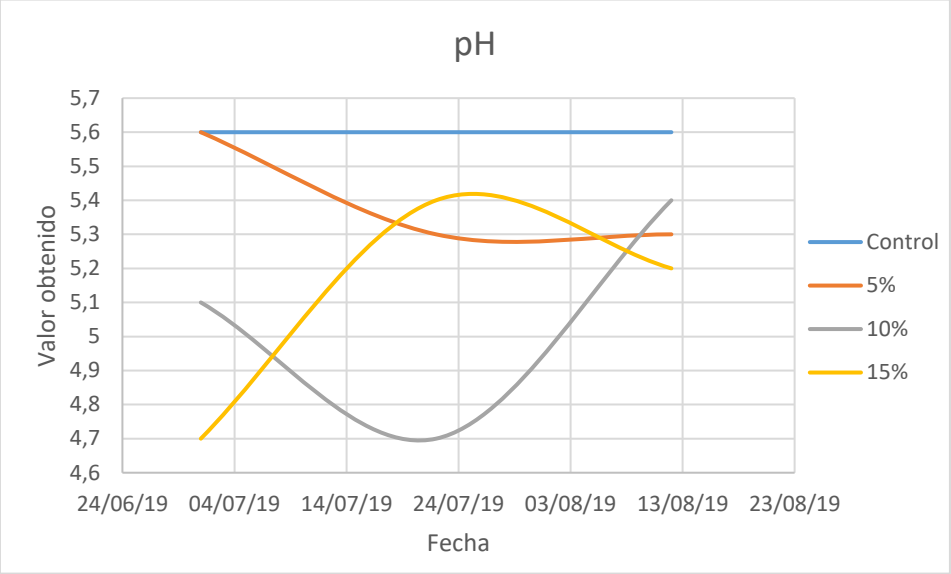
En la muestra de la unidad 2 (suelo saturado), se presenta un pH de 6.44, se muestran niveles excesivos de bases intercámbiales debido a que en esta unidad se realiza un riego diario, no permitiendo una interacción fuerte entre el suelo y sus bases, por lo tanto, estas no se degradan, y mediante cada riego van aumentado, generando así un suelo inestable.




*Gráfica 2 Actividad biológica*
Fuente: autores, 2019

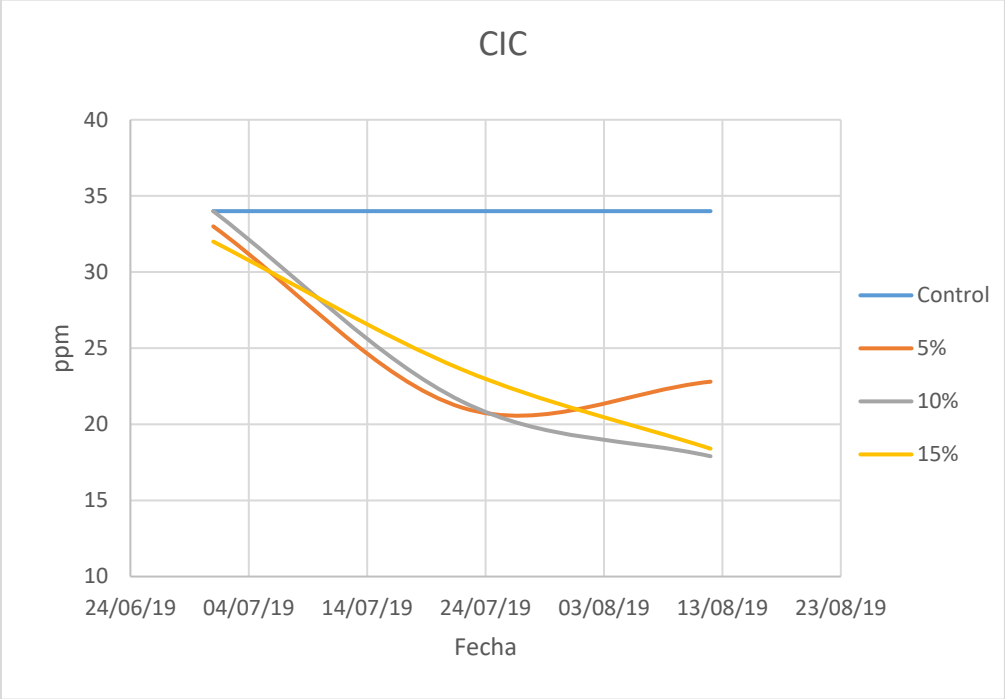
En cuanto a la actividad biológica, se evidencia que el aporte del residuo líquido se comporta como una sustancia anti fúngica, debido a que ataca a los hongos presentes en el suelo; por otro lado, se presenta una disminución de bacterias heterótrofas, las cuales se alimentan de los nutrientes del suelo, degradan la materia orgánica de las plantas y obtienen energía de los productos de descomposición (Latorre Barrios, 2007). Los fijadores de nitrógeno aumentan y mejoran el suelo, debido a que favorece el ciclo del nitrógeno, por lo tanto, puede ser aprovechado por las plantas, ya que el nitrógeno presente en la atmosfera no es 100% aprovechado.

A continuación, se realizará un análisis de la unidad 1 por cada parámetro, comparando el comportamiento en cada uno de los porcentajes (5%, 10% y 15%) con respecto a la parcela control.



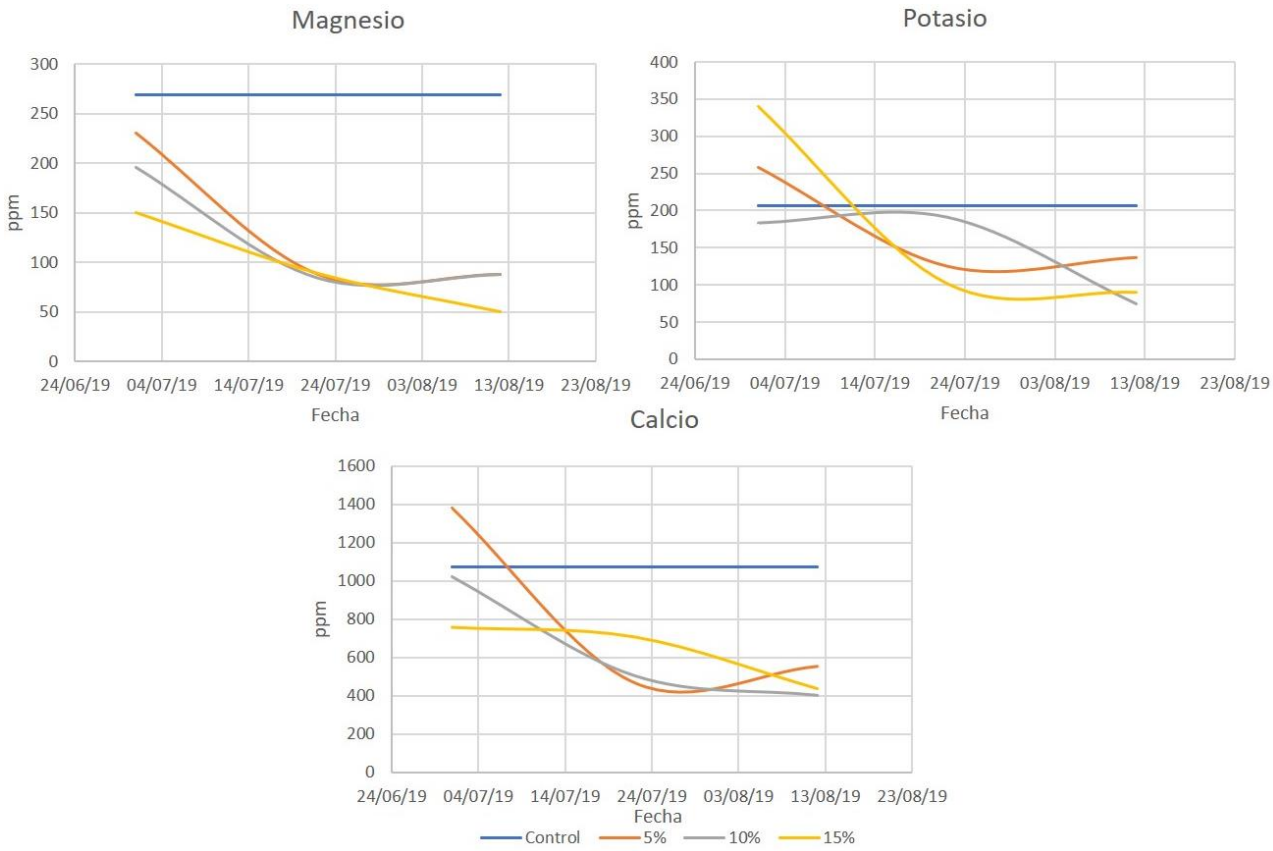

*Gráfica 3 Comportamiento de pH*
Fuente: autores, 2019

En la gráfica 3 se puede evidenciar que el comportamiento del pH de las parcelas con 10% y 15% de porquinaza liquida, presentan una variación fuerte con respecto al control, y en el 5% de porquinaza se mantiene estable en comparación a los demás porcentajes. Con respecto al pH de la parcela control, los valores se presentan en un rango similar, por lo mismo no está generando un comportamiento significativo.




*Gráfica 4 Comportamiento de CIC*
Fuente: autores, 2019

El comportamiento de la CIC se muestra en la gráfica 4, presentando una disminución en las parcelas con respecto a la parcela control, esto debido al cambio en sus bases intercambiables, ya que, al reaccionar con los grupos carboxílicos, su capacidad de retener cationes es menor. Como se observa en la gráfica, la parcela con 5% de porquinaza liquida, presenta en el último muestreo una mayor CIC con respecto a las parcelas con porquinaza en los porcentajes del 10% y 15%, pero sigue siendo menor a la parcela control, siendo así la más cercana, lo cual brinda mayor capacidad para retener nutrientes y hace el suelo más fértil en esta parcela.




*Gráfica 5 Comportamiento de bases intercambiables*
Fuente: autores, 2019

En la gráfica 5 se presentan los diferentes comportamientos de las bases intercambiables, en las que se muestran interacciones fuertes debido a la reacción con el medio acido e hidronio del suelo, como se evidencia en la gráfica 3.

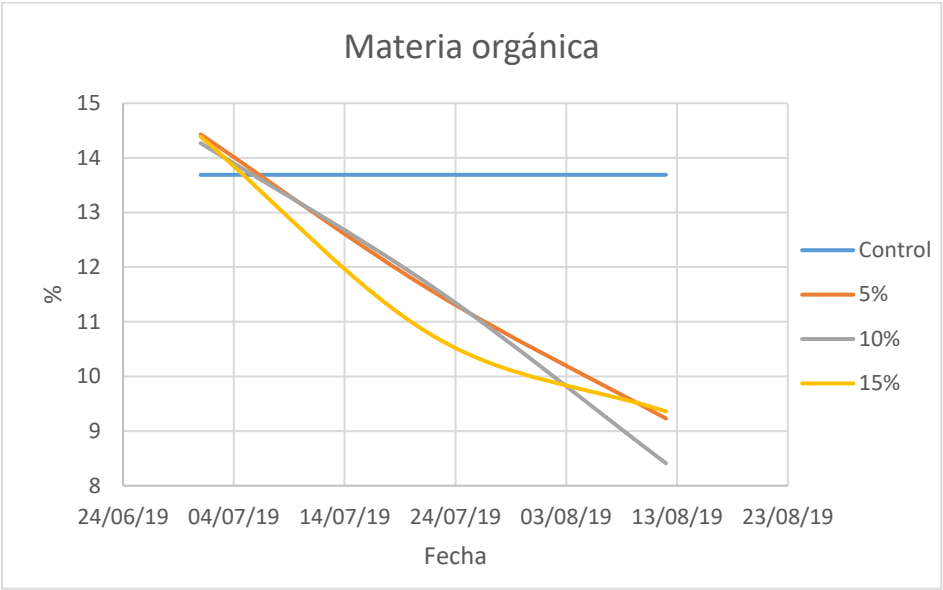
El magnesio presenta una disminución desde el primer muestreo a comparación de la parcela control, ya que esta arroja un valor de 268,7 ppm, y en las parcelas con residuo liquido de porquinaza del 10% y 15% se arrojan valores por debajo de este con tendencia a disminuir,

mientras que la parcela del 5% de porquinaza liquida, aunque presenta un valor por debajo de la parcela control, este se mantiene estable.

En cuanto al potasio las parcelas con porquinaza liquida de 5% y 10% arrojan valores por encima de la parcela control en el muestro inicial, ya para el último muestreo la parcela con porquinaza liquida de 15% tiende a disminuir y las demás (5% y 10%) se mantienen estables, aun así, la parcela del 5% es la más cercana a la parcela control.

El calcio en el primer muestreo, la parcela con porquinaza liquida de 5% es mayor con respecto a la parcela control, teniendo un valor de 1383 ppm, el 10% arroja un valor cercano, mientras que el 15% es muy bajo con respecto al control. Durante el muestreo las parcelas tienden a disminuir.

Teniendo en cuenta los cambios climáticos presentados en la gráfica 1, se muestra que en la granja los meses de junio y julio hubo una precipitación alta, por lo cual en la fecha del 24/07/19 se observa un cambio brusco en el comportamiento de las bases intercambiables de cada una de las parcelas, debido a que se presenta una mayor humedad en el suelo y esto genera un mayor contenido de agua, por lo tanto, una mayor disociación de bases.




*Gráfica 6 Comportamiento de materia orgánica*
Fuente: autores, 2019

Como se muestra en la gráfica 6 la materia orgánica presenta una disminución con el paso del tiempo, ya que esta se degrada y no se mantiene constante, debido a la humedad del suelo generada por los cambios climáticos de la zona, que se produjo en los meses de junio y julio (gráfica 1).

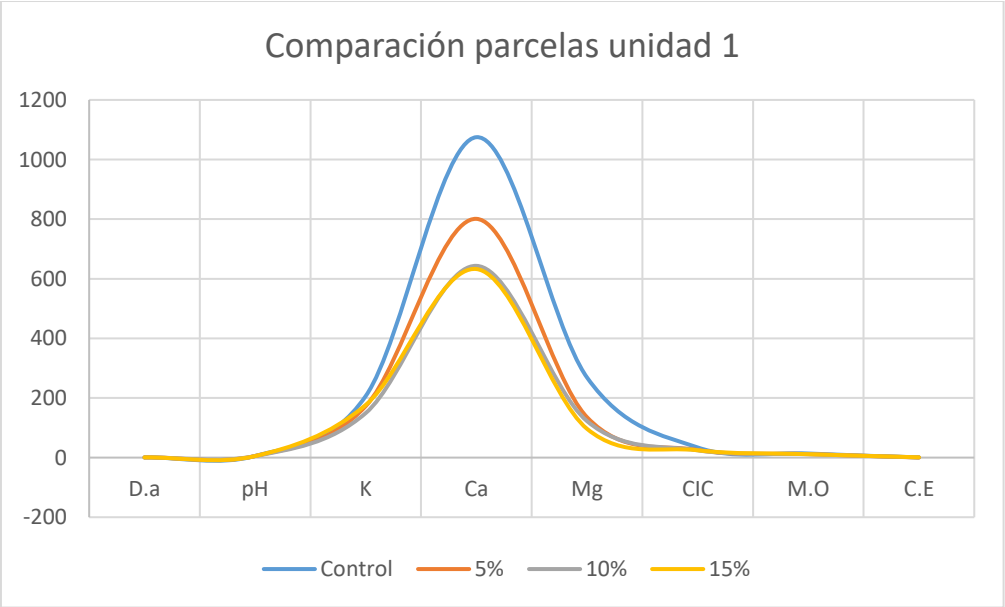
Las parcelas con residuo líquido de porquinaza (5%, 10% y 15%) en el muestreo inicial presentan una M.O alta con respecto al control, pero estas tienden a disminuir, debido a que se presenta una mineralización en el suelo, y esto es dado por la disminución del pH. Aun así, la parcela del 5% se muestra estable en el cambio de M.O, siendo esta la más favorable para el suelo.

En la tabla 5 se realizó un ponderado de los resultados obtenidos en cada uno de los muestreos para las parcelas de la unidad 1, observando cuál de las parcelas presenta unas condiciones estables y favorables en el suelo.

*Tabla 5 Matriz comparativa de datos ponderados por parcela*

| Propiedades | Control | 5% | 10% | 15% |
|---|---|---|---|---|
| **Dap (g/ml)** | *0,65* | *0,64* | *0,66* | *0,68* |
| **pH** | *5,6* | *5,4* | *5,07* | *5,1* |
| **K (ppm)** | *206,7* | *172,9* | *149,5* | *176,8* |
| **Ca (ppm)** | *1075* | *801* | *643,27* | *632,6* |
| **Mg (ppm)** | *268,7* | *135,37* | *122,42* | *96,48* |
| **C.I.C (ppm)** | *34* | *25,63* | *24,47* | *24,67* |
| **M.O (%)** | *13,69* | *11,74* | *11,44* | *11,5* |
| **C.E (mS/cm)** | *0,54* | *0,43* | *0,85* | *1,02* |

Fuente: autores, 2019




*Gráfica 7 Comparación parcelas unidad 1*
Fuente: autores, 2019

Como se observa en la gráfica 7 la parcela que obtiene un comportamiento más cercano a la parcela control (condiciones naturales del suelo) y se mantiene estable en cada una de las propiedades, es la del 5%, debido a que en este porcentaje se proporciona un volumen del residuo líquido que no actúa de forma negativa en el suelo, aportando así nutrientes favorables para el mismo.

En la tabla 6 se puede observar los valores obtenido en la unidad 2, en la cual se le ha realizado un riego excesivo por parte de los operarios de la granja; comparándolos con la parcela control, la cual no tiene ningún tipo de riego del residuo liquido de porquinaza.

*Tabla 6 Matriz de comparación en la unidad 2*

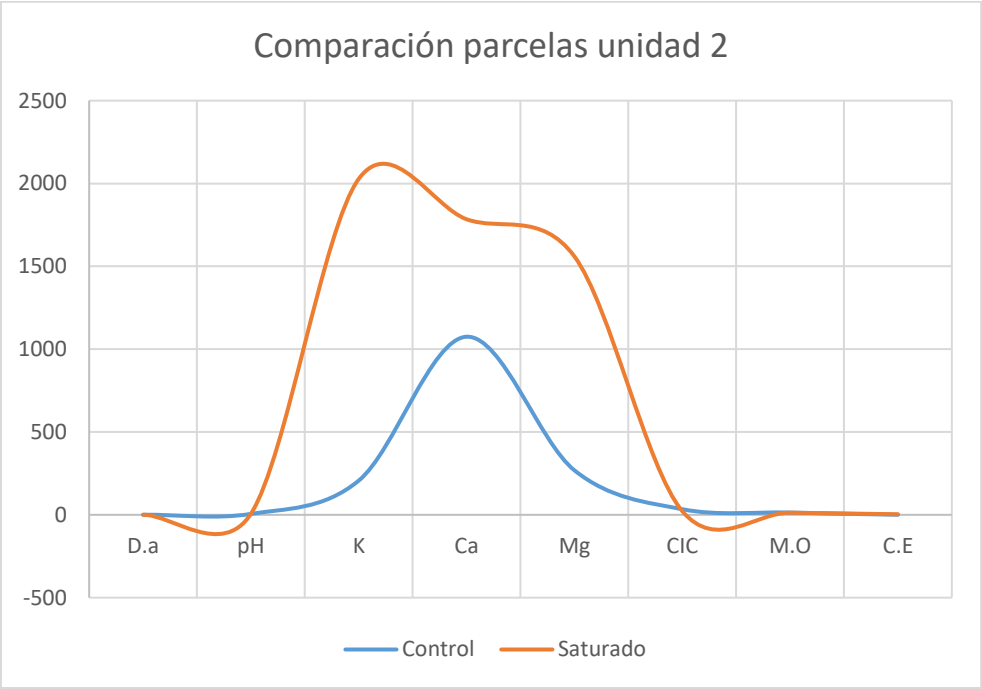
| **Propiedades** | **Control** | **Saturado** |
|---|---|---|
| **Dap (g/ml)** | *0,65* | *0,39* |
| **pH** | *5,6* | *6,44* |
| **K (ppm)** | *206,7* | *2028* |
| **Ca (ppm)** | *1075* | *1784* |
| **Mg (ppm)** | *268,7* | *1559,69* |
| **C.I.C (ppm)** | *34* | *22,55* |
| **M.O (%)** | *13,69* | *12,81* |
| **C.E (mS/cm)** | *0,54* | *3,39* |

Fuente: autores, 2019

En la gráfica 8 se muestra como la unidad 2 (saturado) presenta valores excesivos de bases intercambiables con respecto a la parcela control, debido a que se le ha realizado un riego de residuo liquido de porquinaza a diario por parte de la granja, generando encharcamiento y un difícil acceso al terreno; en el momento en que se deje de realizar el riego, estas bases tendrán una

disminución alta, cambiando así estas condiciones. Así mismo, se evidencia que el pH es mayor que en la parcela control, sin dejar de ser un suelo acido.

Por otro lado, se observa que la materia orgánica es mayor en la parcela control, debido a que en la unidad 2 al encontrarse en un estado de saturación, no permite el drenaje de este residuo líquido, presentando una mayor mineralización y generando perdidas de los ácidos húmicos y fúlvicos del suelo, lo cual degrada la materia orgánica.




*Gráfica 8 Comparación parcelas unidad 2*
Fuente: autores, 2019

En la tabla 7 se muestran los diferentes efectos generados en el suelo por cada uno de los porcentajes del residuo líquido.

*Tabla 7 Matriz de efecto*

| **Suelo** | **Densidad aparente** | **pH** | **C.I.C** | **Materia orgánica** | **Bases intercambiables** |
|---|---|---|---|---|---|
| 5% | Poca aglomeración | Mejoramiento de la basicidad del suelo | Mejor capacidad de retención de cationes | Disminución lenta de carbono orgánico - estable | Poca variabilidad - estable |
| 10% | Aglomeración del suelo | Con tendencia a ácido | Baja capacidad de retener cationes con tendencia a disminuir | Disminución de carbono orgánico - intermedio | Variabilidad alta - inestable |
| 15% | Aglomeración del suelo | Con tendencia a ácido | Baja capacidad de retener cationes con tendencia a disminuir | Disminución rápida de carbono orgánico - inestable | Variabilidad alta con tendencia a disminuir - inestable |

Fuente: autores, 2019

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó que el 5% del residuo líquido es el que actúa de forma favorable para las condiciones presentes en el suelo, debido a que los valores arrojados a lo largo del muestreo presentan poca variabilidad, lo cual presenta una calidad de suelo alta.

## 12. Conclusiones

- Según los datos obtenidos en la tabla 4, las parcelas con residuo liquido de porquinaza de 10% y 15% presentan valores inestables en pH y en sus bases intercambiables, los cuales pueden llegar a actuar de forma desfavorable en el suelo, esto se da, debido a las condiciones climáticas de la zona y el porcentaje de residuo líquido que se irrigo. De igual forma, se observó que los valores obtenidos para la parcela del 5% se demuestra que este porcentaje de residuo líquido tiene un efecto favorable en el suelo, debido a que sus bases intercambiables y materia orgánica se encuentran en valores estables con respecto a la parcela control, por lo cual se concluye que la calidad del suelo es buena en esa parcela.

- A partir del análisis de la gráfica 7 se pudo observar que con respecto a la parcela control, la parcela más estable y cercana a sus valores es la del 5% de residuo líquido, que, aunque es el menor porcentaje P/V, es el que le aporta mayor estabilidad al suelo mejorando las condiciones naturales del suelo.

- De acuerdo al análisis realizado para la unidad de muestreo 2, se determinó que el residuo líquido cuando se presenta en mayor proporción actúa de forma negativa en el suelo, ya que genera un exceso de bases intercambiables, en comparación a la parcela control (sin riego), no permitiendo así la interacción de estas con el suelo; por otro lado, la densidad aparente presenta un valor bajo con respecto a los valores de la parcela control, generando poca aglomeración del suelo, afecta directamente la calidad del suelo y aporta a la contaminación ambiental.

- Conforme a la caracterización del agroecosistema se observó que el método de riego del residuo líquido empleado en la granja no es el adecuado, debido a que este es realizado por medio de una manguera, no permitiendo así un riego homogéneo en el terreno, por lo cual se generan encharcamientos en algunas zonas.

- Considerando los resultados obtenidos, teniendo una proporción adecuada del residuo líquido de porquinaza este puede actuar de forma positiva en el suelo, aportándole los nutrientes necesarios para una buena calidad.

- Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona, se determinó que estas son factores que influyen directamente en los comportamientos que se presentan entre el suelo y sus características.

## 13. Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se deben tener en cuenta con el fin de evitar la afectación de las condiciones ambientales en la granja y sus cercanías.

- Se recomienda regar toda el área lo más homogéneamente posible, con el fin de evitar concentraciones de porcinaza en un solo lugar.

- Se recomienda no dejar más de 3 días la porcinaza en el tanque, con el fin de mitigar la generación de olores por procesos anaerobios y hacer un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en la porcinaza.

- En el momento de realizar el riego con porcinaza tener en cuenta la dirección y velocidad de los vientos y hora de aplicación con el fin de prevenir molestias por parte de la comunidad.

- Tener en cuenta que al momento de realizar el riego no ocurran encharcamientos, recomendando así realizar este riego, cuando se presenten precipitaciones bajas.

- Teniendo en cuenta que la granja es positiva para PRRS se debe realizar el riego en los momentos de mayo radiación solar, para garantizar la exposición del virus a los rayos UV y al calor del sol, ya que por efectos de la temperatura producida por la radiación solar aumenta la velocidad de degradación del virus.

- Debido a que el terreno presente en la graja presenta pendientes, se recomienda realizar el riego al voleo en la parte alta del terreno, con el fin de que este se esparza uniformemente.

- Se recomienda que el riego se realiza cada 2 o 3 días debido a las condiciones climáticas de la zona (presencia o no de lluvias frecuentes)

- Tener en cuenta el uso de elementos de protección personal al momento de realizar el riego de la porcinaza, guantes de látex, al igual que uso de overoles, botas de caucho y tapabocas, para evitar el contacto directo del operario con el residuo.

**Referencias**

Arrieche, R. A.-S. (2012). Evaluación de la calidad del suelo en el sistema productivo orgánico la estancia, Madrid, Cundinamarca. Bogotá D.C, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 13 (2): 90-97.

Calderón Sáenz, F., & Pavlova, M. (2018). *Dr. Calderón Labs*. Obtenido de http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Suelos/MetodosQuimicosSuelos.htm#12

Cantú, M. P., Becker, A., Bedano, J. C., & Schiavo, H. F. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el usos de indicadores e índices. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*, 173-178.

Castrillón Quintana, O., Jiménez Pérez, R. A., & Bedoya Mejía, O. (s.f.). Porquinaza en la alimentación animal. *LaSallista de investigación*, 72-76.

Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 11-20.

Feal Vázquez, J. (2008). Logística inversa. *Dialnet*, 121-132.

García Galvis, J., & Ballesteros Gonzáles, M. I. (2005). Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos. *Revista colombiana de química* , 201-209.

García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y forrales*, 125-138.

Gregorí Valdés, B. S. (2005). Estructura y actividad de los antifúngicos. *Cubana Farma*, 39-54.

Jamioy Orozco, D. D. (2011). Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en

suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo.* Medellin: Univesidad Nacional de Colombia.

Jiménez García, D. M. (2010). Programa de manejo de impactos ambientales de la granja porcícola Monterrey. Pereira, Colombia: Universidad tecnología de Pereira.

Latorre Barrios, N. E. (Noviembre de 2007). Evaluación de medios de cultivo altos y bajos en nutrientes para la recuperación de heterótrofos edáficos en la ecorregión cafetera de los Andes. Bogotá D.C, Colombia : Pontificia Universidad Javeriana.

Molina, E. (2010). *Análisis de suelos y su interpretación.* Costa Rica: Amino Grow International

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (Octubre de 2019). *Portal de suelos de la FAO*. Obtenido de http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/

Paramio, M. T., Manteca, J., Milan, M. J., & Piedrafita, J. (2010). Breve Manual de aproximación a la empresa porcina para estudiantes de veterinaria. Barcelona: Universidad autónoma de Barcelona.

Peralta Garcia, Y. (2012). Propuesta metodológica para determinar la calidad del suelo sembrado en caña de azúcar en el ingenio manuelita. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Pérez Hettinga, R. A. (2017). Estudio del impacto ambiental en una granja porcícola en el municipio Tibirita- Cundinamarca. Bogotá D.C , Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.

PorkColombia. (Julio de 2018). Guía de utilización de porcinaza en diferentes cultivos. Bogotá D.C, Colombia .

Prieto Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones en Ingenieria*, 85-95.

Rentero, A. (Febrero de 2018). *Hiberus Tecnología*. Obtenido de hiberus.com/crecemos-contigo/la-logistica-inversa-que-es-y-para-que-sirve/

Rubio Gutiérrez, A. M. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque natural lo alcornocales. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

Sánchez, N. S. (2017). *La industria porcina en Colombia*. Obtenido de SCRIBD: https://es.scribd.com/doc/64480810/2-La-Industria-Porcina-en-Colombia

Servicio Nacional de Aprendizaje. (2013). *Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos*. Colombia.

# ANEXOS

## Anexo 1

*Tabla 8 Resultados muestreo 1*

**ReporteResumen** **Finca: Pomaroso - Salto Tequendama**
**Análisis de Suelos de Fecha: 10-jul-19** **EMPRESA: Maria Alejandra Oyola Torres**

| Nro. | Cultivo | Lote | Variedad | pH | C.E | N-NH4 | N-NO3 E.Sat | P | S | Cl | Na | Bases Intercambiables K | Ca | Mg | Al | Fe | Mn | Cu | Zn | B E.Sat | d.ap. | CIC | SAT. H. | Textura | M.O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | mS/cm | ppm | | | ppm | | | ppm | | | meq/100cc | | | ppm | | | g/ml | meq/100g | % P/V | | % |
| 93889 | PASTOS | 1 - Control | NO ESPECIFI | 5.6 | 0.54 | 23 | 100 | 67 | 1 | 43 | 5.98 | 206.7 | 1705 | 268.7 | 0.01 | 362 | 15 | 0.8 | 56.4 | 0.05 | 0.65 | 34 | 69 | Franco-Limosa | 13.69 |
| 93890 | PASTOS | 2 - 5% | NO ESPECIFI | 5.6 | 0.63 | 21 | 100 | 50 | 1 | 34 | 5.98 | 257.4 | 1383 | 231.0 | 0.01 | 322 | 16.1 | 1.5 | 52 | 0.11 | 0.64 | 33 | 69 | Limosa | 14.43 |
| 93891 | PASTOS | 3 - 10% | NO ESPECIFI | 5.1 | 0.88 | 7 | 200 | 57 | 2 | 42 | 9.89 | 183.3 | 1022 | 195.8 | 0.2 | 338 | 14.6 | 1.1 | 48 | 0.11 | 0.65 | 34 | 67 | Franco-Limosa | 14.27 |
| 93892 | PASTOS | 4 - 15% | NO ESPECIFI | 4.7 | 2.26 | 43 | 200 | 41 | 1 | 84 | 37.5 | 339.3 | 755.5 | 150.8 | 0.3 | 227 | 15.6 | 0.7 | 45.3 | 0.27 | 0.68 | 32 | 69 | Limosa | 14.39 |

Fuente: Dr. Calderón Labs

*Tabla 9 Resultados muestreo 2*

**ReporteResumen** **Finca: Granja El Pomarroso**
**Análisis de Suelos de Fecha: 30-jul-19** **EMPRESA: Maria Alejandra Oyola Torres**

| Nro. | Cultivo | Lote | Variedad | pH | C.E | N-NH4 | N-NO3 E.Sat | P | S | Cl | Na | Bases Intercambiables K | Ca | Mg | Al | Fe | Mn | Cu | Zn | B E.Sat | d.ap. | CIC | SAT. H. | Textura | M.O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | mS/cm | ppm | | | ppm | | | ppm | | | meq/100cc | | | ppm | | | g/ml | meq/100g | % P/V | | % |
| 93997 | PASTOS | Muestra 1 - 5% | NO ESPECIFI | 5.3 | 0.29 | 7 | 20 | 21 | 8 | 27 | 7.59 | 124.8 | 466.9 | 87.55 | 0.3 | 159 | 16.1 | 0.1 | 35 | 0.06 | 0.64 | 21.1 | 67 | Limosa | 11.55 |
| 93998 | PASTOS | Muestra 2 - 10% | NO ESPECIFI | 4.7 | 1.3 | 9 | 300 | 21 | 1 | 39 | 14.7 | 191.1 | 505.0 | 83.90 | 0.3 | 175 | 23.1 | 0.1 | 48.2 | 0.08 | 0.66 | 21.5 | 67 | Limosa | 11.63 |
| 93999 | PASTOS | Muestra 3 - 15% | NO ESPECIFI | 5.4 | 0.4 | 11 | 60 | 25 | 8 | 15 | 5.06 | 101.4 | 705.4 | 88.77 | 0.2 | 199 | 8.9 | 0.1 | 33.9 | 0.06 | 0.69 | 23.6 | 67 | Limosa | 10.74 |

Fuente: Dr. Calderón Labs

*Tabla 10 Resultados muestreo 3*

**ReporteResumen** **Finca: Granja el Pomarroso**
**Análisis de Suelos de Fecha: 20-ago-19** **EMPRESA: Maria Alejandra Oyola Torres**

| Nro. | Cultivo | Lote | Variedad | pH | C.E | N-NH4 | N-NO3 E.Sat | P | S | Cl | Na E.Sat | K | Ca | Mg | Al | Fe | Mn | Cu | Zn | B E.Sat | d.ap. | CIC | SAT. H. | Textura | M.O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | mS/cm | ppm | | | ppm | | | ppm | | | meq/100cc | | | ppm | | | g/ml | meq/100g | % P/V | | % |
| 94174 | PASTOS | 1 - 5% | NO ESPECIFI | 5.3 | 0.37 | 9 | 30 | 48 | 1 | 18 | 5.06 | 136.5 | 553.1 | 87.55 | 0.3 | 180 | 22.9 | 0.3 | 35 | 0.05 | 0.65 | 22.8 | 64 | Franco-Limosa | 9.23 |
| 94175 | PASTOS | 2 - 10% | NO ESPECIFI | 5.4 | 0.36 | 22 | 20 | 38 | 8 | 21 | 7.13 | 74.1 | 402.8 | 87.55 | 0.3 | 179 | 14.9 | 0.1 | 28.5 | 0.15 | 0.66 | 17.9 | 64 | Limosa | 8.41 |
| 94176 | PASTOS | 3 - 15% | NO ESPECIFI | 5.2 | 0.39 | 8 | 30 | 50 | 3 | 22 | 8.51 | 89.70 | 436.9 | 49.86 | 0.5 | 181 | 16.2 | 0.1 | 44.6 | 0.05 | 0.66 | 18.4 | 63 | Limosa | 9.36 |

Fuente: Dr. Calderón Labs

*Tabla 11 Resultados muestreo suelo saturado*

**ANALISIS de SUELOS**

FAD 2 - Versión 1

| | | | |
|---|---|---|---|
| Propietario | Maria Alejandra Oyola Torres | Fecha de Análisi | No. Laboratorio |
| Dirección: | Cra 99 Bis No. 14 - 05 | 2019-08-23 | AS 94207 |
| Ciudad: | Bogotá | Fecha de Muestr | Fecha de Recepc |
| | | 2019-08-08 | 2019-08-14 |

| Cultivo | Variedad | Edad | Municipio |
|---|---|---|---|
| PASTOS | NO ESPECIFICADA | 0 No Especificada | SAN ANTONIO DEL T CUN |

| Finca | Lote |
|---|---|
| Granja el Pomarroso | Muestra 1 - Saturado |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Potasio | meq/100cc | 5.20 | E |
| Calcio | meq/100cc | 8.92 | A |
| Magnesio | meq/100cc | 12.89 | E |
| Sodio | meq/L | 5.16 | A |
| Aluminio | meq/100cc | N.A | B |
| C.I.C. | meq/100g | 22.55 | A |
| Cloruros | meq/L | 5.60 | |
| Fósforo | ppm | 256 | A |
| N-NH4 | ppm | 57 | A |
| N-NO3 | ppm | 400 | E |
| Azufre | ppm | 81 | A |
| Hierro | ppm | 694 | E |
| Manganeso | ppm | 178 | E |
| Cobre | ppm | 18.60 | E |
| Zinc | ppm | 320.00 | E |
| Boro | ppm | 0.79 | A |

| | | | |
|---|---|---|---|
| pH | | 6.44 | M |
| C. E. | mS/cm | 3.39 | E |
| Arena % | % | 3 | |
| Limo % | % | 97 | |
| Arcilla % | % | 0 | |
| Textura | | Limosa | |
| M.Orgánica | % | 12.81 | |
| C.O. | % | 7.43 | M |
| N- Total | % | | N.A |
| Rel C/N | | | N.A |
| Sat Hume | % | 77 | A |
| SatBases: | % | 125.95 | |
| Densidad | g/cc | 0.39 | |

Nro. de Orden 65187

Asistente Técnico

Fuente: Dr. Calderón Labs

## Anexo 2

*Tabla 12 Resultados biológicos*

**RESULTADOS MICROBIOLOGIA B01**

RESULTADOS ANÁLISIS BIOLÓGICO DE SUSTRATOS Y AGUAS - MICROBIOLOGÍA

GRUPO INTERNO DE TRABAJO LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS

FECHA DE REALIZACIÓN: AAAA-MM-DD **2019-08-23**

**NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO** MARIA ALEJANDRA OYOLA TORRES

**No. SOLICITUD** 3893_1

**DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN** Cundinamarca - San Antonio Del Tequendama

**No. DE LABORATORIO** MB1-37868-MB1-37869

**IDENTIFICACIÓN CAMPO** 5%-CONTROL

**SUPLEMENTO DE RESULTADOS** **DE FECHA** **DIRECCIÓN DEL CLIENTE** CARRERA 99 BIS No 14 - 05

| No. DE LABORATORIO | Tipo de muestra | Id Campo (Perfil) | HONGOS | Unidad | BACTERIAS HETERÓTROFAS | Unidad | BACTERIAS TIPO ACTINOMICETO | Unidad | FIJADORES DE NITRÓGENO LIBRES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MB1-37868 | SUELO | 5% | 5.1x10^4 | UFC/g | 2.0x10^7 | UFC/g | 1.6x10^6 | UFC/g | 4.2x10^6 |
| MB1-37869 | SUELO | CONTROL | 9.8x10^4 | UFC/g | 4.1x10^7 | UFC/g | 7.3x10^5 | UFC/g | 1.9x10^6 |

| Unidad | SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS | Unidad | CELULOLÍTICOS | Unidad |
|---|---|---|---|---|
| UFC/g | 2.0x10^5 | UFC/g | 8.4x10^5 | UFC/g |
| UFC/g | 1.5x10^5 | UFC/g | 8.0x10^5 | UFC/g |

**OBSERVACIONES**
NINGUNA.

| | Suelos en condiciones naturales de bosque o con buenas prácticas de manejo | Suelos naturales con coberturas rasantes, pastizales o rastrojos recientes | Suelos sometidos a prácticas inapropiadas o bajo monocultivos y/o bajo condiciones ambientales estresantes |
|---|---|---|---|
| Bacterias | > 1E+06 | 1E+04 a 1E+06 | < 1E+04 |
| Hongos | > 1E+04 | 1E+03 a 1E+04 | < 1E+03 |
| Actinomicetos | > 1E+05 | 1E+04 a 1E+05 | < 1E+04 |
| Fijadores de Nitrógeno | >1E+05 | 1E+04 a 1E+05 | <1E+04 |
| Solubilizadores de fosfato | <1E+04 | 1E+04 a 1E+06 | >1E+06 |
| Celulolíticos | <1E+04 | 1E+04 a 1E+06 | >1E+06 |
| *Pseudomonas* fluorescentes | ≥1E+05 | 1E+04 - 1E+05 | <1E+04 |
| Grupo *Salmonella* | No detectado | No detectado | Detectado |

Fuente: IGAC, 2019

## Anexo 3

*Tabla 13 Precipitación máxima mensual de estaciones Hidro paraíso y Acapulco*

| Codigo Estacion | Nombre Estacion | Latitud | Longitud | Altitud | IdParametro | Etiqueta | Descripcion Serie | Frecuencia | Fecha | Valor | Grado | Calificador | Nivel Aprobacion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/02/2019 0:00 | 56,5 | | | 900 |
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/03/2019 0:00 | 16,8 | | | 900 |
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/04/2019 0:00 | 26,1 | | | 900 |
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/05/2019 0:00 | 38,9 | | | 900 |
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/06/2019 0:00 | 11,4 | | | 900 |
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/07/2019 0:00 | 37,7 | | | 900 |
| 21202160 | HIDROPARAISO [21202160] | 4,575 | -74,407 | 1685 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/08/2019 0:00 | 10 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/02/2019 0:00 | 31,2 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/03/2019 0:00 | 8,6 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/04/2019 0:00 | 15,4 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/05/2019 0:00 | 7 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/06/2019 0:00 | 17,8 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/07/2019 0:00 | 28,7 | | | 900 |
| 21206280 | ACAPULCO [21206280] | 4,654 | -74,333 | 2650 | PRECIPITACION | PTPM_MX_TT_M | Precipitación máxima mensual en un día | Mensual | 1/08/2019 0:00 | 5,3 | | | 900 |

Fuente: IDEAM, 2019

**Anexo 4**

*Tabla 14 Control climatológico mes junio*

| CONTROL CLIMATOLOGICO GRANJA PORCINA EL POMARROSO (JUNIO) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| FECHA | DIA SOLEADO | DIA NUBLADO | LLOVIZNA | LLUVIA MEDIA | LLUVIA INTENSA |
| 1/06/2019 | | x | | | |
| 2/06/2019 | x | | | | |
| 3/06/2019 | | | x | | |
| 4/06/2019 | | | x | | |
| 5/06/2019 | | x | | | |
| 6/06/2019 | | x | | | |
| 7/06/2019 | | x | | | |
| 8/06/2019 | | | x | | |
| 9/06/2019 | | | x | | |
| 10/06/2019 | | | x | | |
| 11/06/2019 | | | x | | |
| 12/06/2019 | | | | x | |
| 13/06/2019 | | | x | | |
| 14/06/2019 | | | x | | |
| 15/06/2019 | | x | | | |
| 16/06/2019 | | x | | | |
| 17/06/2019 | | x | x | | |
| 18/06/2019 | | x | | | |
| 19/06/2019 | | x | | | |
| 20/06/2019 | | x | | | |
| 21/06/2019 | x | | | | |
| 22/06/2019 | | x | | | |
| 23/06/2019 | | x | | | |
| 24/06/2019 | | | x | | |
| 25/06/2019 | | | | | x |
| 26/06/2019 | | x | | | |
| 27/06/2019 | | x | | | |
| 28/06/2019 | | | x | | |
| 29/06/2019 | | x | | | |
| 30/06/2019 | | | | | x |

Fuente: autores, 2019

*Tabla 15 Control climatológico mes julio*

| CONTROL CLIMATOLOGICO GRANJA PORCINA EL POMARROSO (JULIO) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **DIA SOLEADO** | **DIA NUBLADO** | **LLOVIZNA** | **LLUVIA MEDIA** | **LLUVIA INTENSA** |
| 1/07/2019 | | | x | | |
| 2/07/2019 | | x | | | |
| 3/07/2019 | | x | | | |
| 4/07/2019 | | x | | | |
| 5/07/2019 | | | | x | |
| 6/07/2019 | | x | | | |
| 7/07/2019 | | | x | | |
| 8/07/2019 | x | | | | |
| 9/07/2019 | | | x | | |
| 10/07/2019 | x | | | | |
| 11/07/2019 | x | | | | |
| 12/07/2019 | x | | | | |
| 13/07/2019 | | | x | | |
| 14/07/2019 | | | x | | |
| 15/07/2019 | | x | | | |
| 16/07/2019 | | x | | | |
| 17/07/2019 | | x | | | |
| 18/07/2019 | | | | x | |
| 19/07/2019 | | | x | | |
| 20/07/2019 | | x | | | |
| 21/07/2019 | | | x | | |
| 22/07/2019 | | | x | | |
| 23/07/2019 | | | | | x |
| 24/07/2019 | | | | x | |
| 25/07/2019 | | x | | | |
| 26/07/2019 | | | x | | |
| 27/07/2019 | | x | | | |
| 28/07/2019 | x | | | | |
| 29/07/2019 | x | | | | |
| 30/07/2019 | x | | | | |
| 31/07/2019 | x | | | | |

Fuente: autores, 2019

*Tabla 16 Control climatológico mes agosto*

| CONTROL CLIMATOLOGICO GRANJA PORCINA EL POMARROSO (AGOSTO) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **FECHA** | **DIA SOLEADO** | **DIA NUBLADO** | **LLOVIZNA** | **LLUVIA MEDIA** | **LLUVIA INTENSA** |
| 1/08/2019 | | x | | | |
| 2/08/2019 | | | x | | |
| 3/08/2019 | | | x | | |
| 4/08/2019 | | | x | | |
| 5/08/2019 | | x | | | |
| 6/08/2019 | | x | | | |
| 7/08/2019 | x | | | | |
| 8/08/2019 | x | | | | |
| 9/08/2019 | x | | | | |
| 10/08/2019 | | x | | | |
| 11/08/2019 | | x | | | |
| 12/08/2019 | | | | | x |

Fuente: autores, 2019