	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 1 de 7

Girardot 13 de Diciembre de 2016

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Girardot


SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN	Seccional Girardot
DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Perez Munar	Hugo César	1'106.893.458
Toro Torres	Maria Alejandra	1'070.609.951

Director(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Ramirez Calderón	Jose Ever

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 2 de 7

TÍTULO DEL DOCUMENTO

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA AFECTACIÓN AL SUELO POR VERTIMIENTOS DE EFLUENTES PORCICOLAS EN LOS MUNICIPIOS DE COELLO Y TOCAIMA

SUBTITULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía


AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS (Opcional)
01/12/2016	128

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLES: (Usar como mínimo 6 descriptores)

ESPAÑOL	INGLES
1. Alimentación	1. Feeding
2. Bienestar Animal	2. Animal Welfare
3. Bioseguridad	3. Biosecurity
4. Excretas	4. Excrete
5. Efluentes	5. Effluents
6. Nutrientes	6. Nutrients

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLES: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):

El objetivo de la presenta investigación fue determinar la afectación de efluentes porcícolas al suelo, seleccionando 5 granjas porcícolas pertenecientes a los municipios de Coello (Tolima) y Tocaima (Cundinamarca); estas fueron seleccionadas a partir de los parámetros de Bienestar Animal, Bioseguridad y Alimentación, el estudio se dividió en 4 fases donde se tomaron 4 muestras de suelos por granja, para un total de 20 muestras en el estudio general; para ello se definieron dos (2) zonas de estudio; zona de afectación (ZA) y zona de no afectación (ZNA), en la zona de afectación se tomaron 3 muestras puntuales de

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 3 de 7

forma aleatoria cada una equivalente a 1 kg en un área de 225 m²; en la zona de no afectación se tomó una muestra compuesta de 1 Kg conformada por 10 submuestras en un área de 225 m²; bajo un tipo de muestra de identificación (MI) y una técnica de muestreo estadístico-aleatorio. El análisis de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad de Cundinamarca, determinando pH, color, textura, humedad, capacidad de intercambio catiónico CIC, conductividad eléctrica CE, Nitrógeno (total), Fosforo (disponible), Materia Orgánica MO y Carbono Orgánico CO; los resultados se analizaron bajo el concepto de similitud y variación en cuanto a la ZA y la ZNA; como resultados se obtuvo una tendencia a mayores valores de los parámetros analizados en la ZA, bajos % de MO y CO y altos % de N y P con baja CIC con respecto a la ZNA; como conclusión se encuentran en general suelos ligeramente ácidos, neutros y alcalinos en la distribución de los puntos de muestreo y una variación en los parámetros analizados.


AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un alianza, son:

Marque con una "x":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	x	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	x	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	


	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 4 de 7

5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 5 de 7

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):


Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI __ NO _x_**. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 6 de 7

d) El(Los) Autor(es), garantizo (amos) que el documento en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.


f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en biblioteca.unicundi.edu.co

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.



	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 7 de 7

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.





Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Titulo Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Trabajo de Grado.pdf	Texto
2. Exposición trabajo de grado.pdf	Presentación PowerPoint

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
Pérez Munar Hugo César	
Toro Torres Maria Alejandra	

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA AFECTACIÓN AL SUELO POR VERTIMIENTOS
DE EFLUENTES PORCICOLAS EN LOS MUNICIPIOS DE COELLO Y TOCAIMA

MARÍA ALEJANDRA TORO TORRES
HUGO CESAR PÉREZ MUNAR

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
SECCIONAL GIRARDOT

2016

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA AFECTACIÓN AL SUELO POR VERTIMIENTOS
DE EFLUENTES PORCICOLAS EN LOS MUNICIPIOS DE COELLO Y TOCAIMA

MARÍA ALEJANDRA TORO TORRES

HUGO CESAR PÉREZ MUNAR

Trabajo de grado como requisito parcial para optar el título de ingeniero ambiental

Director:

José Ever Ramírez Calderón

Zootecnista. © Magister en Ciencias Pecuarias: Énfasis Ganadería Ecológica

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
SECCIONAL GIRARDOT

2016

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Girardot, Octubre 21 de 2016

A mi abuela,
Por ser la inspiración,
A mi madre,
Por su dedicación.
Alejandra Toro.

A Dios por mi vida,
A mis padres,
Por su apoyo y
Dedicación.
César Pérez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos:

- A Dios por permitirnos tener la perseverancia y la sabiduría para llevar a cabo esta investigación.
- A nuestros padres por su entrega y compañía en este proceso de triunfos y fracasos.
- A nuestro tutor el docente José Ever Ramírez Calderón por su experiencia y conocimiento.
- A nuestros compañeros por darnos el nivel de disciplina.
- A Eliana y Jeison, laboratoristas de la Universidad de Cundinamarca Sede Fusagasugá por su paciencia y colaboración.
- A la profesora Anita por su dedicación y guía en el proceso.
- A los asesores externos de Corpoica y la Asociación Nacional de Porcicultores.
- Al profesor Miguel por sus asesorías.
- A los porcicultores pertenecientes a la zona de estudio por brindarnos la oportunidad de realizar este estudio y a las demás personas involucradas en el proceso que hicieron posible llevar a cabo esta investigación.

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	17
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2.1.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:	20
3.	JUSTIFICACIÓN	21
4.	OBJETIVOS	23
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	23
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
5.	MARCO REFERENCIAL.....	24
5.1.	REVISIÓN TEÓRICA.....	24
5.1.1.	Producción porcicola:	24
5.1.2.	Parámetros principales en la porcicultura	29
5.1.3.	Sistemas de la porcicultura..	31
5.1.3.	Razas utilizadas en los sistemas de estudio..	34
5.1.5	Producción de excretas en la porcicultura	35
5.1.6	Impactos de la porcicultura en el suelo..	37
5.1.6.2.	El suelo..	39
5.2.	MARCO LEGAL.....	46
5.3.	MARCO METODOLÓGICO.....	48
5.3.1. Localización del estudio.	48	
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
6.1	Caracterización de las granjas porcinas	54
6.2	Parámetros físicos generales	55
6.3	Parámetros químicos generales	57
6.3.1	Parámetros químicos específicos.....	60
6.4	Diseño ficha de Diagnóstico Ambiental	77
7	CONCLUSIONES.....	78
8	RECOMENDACIONES	80

9	REFERENCIAS	82
10	LISTA DE ANEXOS	90

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Población mundial de cerdos (Países de mayor población).....	24
Tabla 2. Panorama del mercado mundial de la carne.....	25
Tabla 3. Población de cerdos a nivel departamental.....	26
Tabla 4. Composición nutricional del concentrado para cerdos.....	31
Tabla 5. Producción de excretas porcinas.....	36
Tabla 6. Composición de excretas porcinas.....	37
Tabla 7. Interpretación del pH del suelo.....	40
Tabla 8. Tamaño de las partículas del suelo según La Internacional Society of Soil Science.....	42
Tabla 9. Humedad del suelo.....	43
Tabla 10. Clasificación del suelo según valores de Conductividad Eléctrica.....	45
Tabla 11. Relación de las clases textuales con la capacidad de intercambio catiónico.....	45

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Cantidad de granjas porcícolas tecnificadas por sistema de producción.....	27
Cuadro 2. Las cinco libertades en la porcicultura- Bienestar Animal.....	30
Cuadro 3. Sistemas utilizados en la porcicultura.....	32
Cuadro 4. Sistemas de producción animal (Colombia).....	33
Cuadro 5. Características de Cerdos de la raza LANDRACE.....	34
Cuadro 6. Razas de Cerdos comercializadas en las granjas de estudio.....	35
Cuadro 7. Espacio Requerido por Cerdo en sistema de confinamiento.....	35
Cuadro 8. Concentración media de parámetros de los purines de cerdo.....	36
Cuadro 9. Sistema de tratamientos para efluentes porcícolas.....	38
Cuadro 10. Localización zonas de estudio.....	48
Cuadro 11. Ubicación geográfica de las granjas de estudio.....	49
Cuadro 12. Códigos de Muestreo.....	52
Cuadro 13. Caracterización de granjas porcícolas.....	54
Cuadro 14. Caracterización de granjas porcícolas (Continuación).....	54
Cuadro 15. Ficha técnica de diagnóstico ambiental.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evaluación de Bioseguridad a granjas porcinas Colombianas.....	29
Figura 2. Código munsell aplicado al suelo.....	41
Figura 3. Triangulo de clases textuales.....	42
Figura 4. Análisis de parámetros físicos de las zonas de estudio.....	55
Figura 5. Análisis de parámetros químicos de la zona de estudio.....	58
Figura 6. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca La Toscana (T).....	62
Figura 7. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca El Progreso (P).....	65
Figura 8. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca Santa Rosa (S).....	68
Figura 9. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca El Loro (L).....	72
Figura 10. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca Naranjillo (N).....	75

GLOSARIO

Bioseguridad: se define como un conjunto de prácticas de manejo, direccionados a impedir la entrada de agentes patógenos potencialmente infecciosos a las granjas y la propagación de enfermedades presentes en la misma, la bioseguridad es el grado de protección de los animales en una granja frente a la introducción de agentes infecciosos¹.

Bienestar Animal: Estado de un individuo en cuanto a sus intentos para afrontar el ambiente

Buenas Prácticas Pecuarias: Son el conjunto de procedimientos, condiciones y controles que se aplican en las unidades de producción, los cuales incluyen limpieza de instalaciones físicas, equipo y utensilios e higiene y salud del personal para minimizar el riesgo de contaminación física, química y biológica durante la cría, manejo y salud de la piara².

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Es el número total de cationes intercambiables retenidos en los coloides del suelo que pueden ser retenido por el mismo³; un suelo con alto contenido de arcilla puede retener más cationes intercambiables que un suelo bajo en ella.

Color: El color del suelo está relacionado con la constitución de su complejo coloidal. Debe tenerse en cuenta que a medida que un suelo se seca, su color va tornándose más claro, atribuyéndose este cambio de color a: el revestimiento de las partículas gruesas por parte coloidal, y al desarrollo de espacios con aire en los terrones por la deshidratación del material coloidal. Los colores de los suelos húmedos son generalmente más vivos y su intensidad depende fundamentalmente a dos constituyentes a saber: la materia orgánica coloidal y la arcilla coloidal⁴.

Conductividad Eléctrica (CE): La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica que generalmente se expresa en dS/m y que representa la cantidad de sales contenidas en esa solución⁵.

¹ BAKER, R.B.2004.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC., Manual de Buenas Practicas de Producción en Granjas Porcícolas. Departamento de Nutrición Animal. México, 2004.

³ Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico- Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.14.

⁴ Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico- Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.10.

⁵ Simón M., Peralta N., Costa J.L. Relación entre la conductividad eléctrica aparente y las propiedades del suelo y nutrientes. Universidad Nacional del Mar de Plata. Argentina. 2013

Efluente: Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por la parte domiciliaria, industrial o agrícola⁶.

Estiércol: el estiércol como los purines son una mezcla de las heces de los animales con los orines y la cama. El estiércol es aquel material que puede ser manejado y almacenado como sólido, mientras que los purines lo son como líquidos⁷.

Fosforo en el suelo: Se clasifica como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza de los compuestos en los cuales aparece. La fracción orgánica se encuentra en el humus y la parte inorgánica en combinaciones con otros elementos como Hierro, Aluminio, Calcio, Flúor entre otros⁸.

Materia Orgánica del suelo: Se define como un grupo de sustancias orgánicas variables, de color pardo o negrozco, que resulta de la descomposición de restos de organismos animales y vegetales⁹.

pH: Define la acidez o basicidad relativa del suelo. La mayoría de los suelos productivos tienen valores de pH que varían de 4.0 a 9,0¹⁰.

Sanidad Porcina: es considerada como una práctica indispensable para mejorar las condiciones de crianza y bienestar de la porcicultura ya que mediante las actividades de prevención control y erradicación de las principales enfermedades que afectan a los cerdos¹¹.

Suelo: El suelo es un bien natural finito y componente fundamental del ambiente, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones y prestando servicios ecosistémicos vitales para la sociedad y el planeta¹².

⁶ Millares P. Manejo de efluentes. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Argentina. 2012

⁷ Iglesias Martínez L. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. España. 1995

⁸ Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico- Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.16.

⁹ Gros.1990.

¹⁰ Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico- Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.11.

¹¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC., Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas. Departamento de Nutrición Animal. México, 2004.

¹² Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental Del Suelo (GIAS). Bogota.2013.p.24.

Textura del suelo: La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural de suelo¹³.

Porcicultura: Se conoce como la actividad dedicada a la crianza, alimentación y comercialización de cerdos bajo parámetros de Bioseguridad, sanidad animal y alimentación que cumplan los requerimientos legales a nivel ambiental¹⁴.

Residuos Líquidos: Son todas las sustancias en estado líquido provenientes de actividades realizadas por los seres humanos, como: los residuos peligrosos que son materiales corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológico infecciosos en estado líquido; como por ejemplo aceite usado, queroseno, aguas con metales tóxicos, entre otras¹⁵

Residuo sólido o desecho: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final¹⁶

Vertimiento: Cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o alcantarillado¹⁷.

Zona de Afectación (ZA): se entiende como la zona donde hay aplicación directa o por infiltración de los efluentes porcícolas luego de algún tipo de tratamiento o con ausencia del mismo¹⁸.

Zona de no afectación (ZNA): se entiende como la zona dentro del mismo sitio de estudio de la ZA, pero que no ha estado en contacto alguno con el vertimiento¹⁹.

¹³ Mateus F., Maire C. Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. Universidad de Talca. Chile. 2000

¹⁴ Pérez Espejo R. Producción porcina y contaminación del agua en la piedad, MICH. Instituto de investigaciones económicas. Universidad Autónoma de México. México. 2009

¹⁵ Decreto 1594 de 1984

¹⁶ Decreto 1713 de 2002.

¹⁷ Secretaria Distrital de Ambiente. Resolución 3957 de 2009. Control y manejo de Vertimientos. Bogotá. 2009

¹⁸ Jiménez García D., M. Programa de manejo de impactos ambientales de la granja porcícola Monterrey. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias agropecuarias. Colombia. 2010

¹⁹ Aldana Duque J., B. diagnóstico del sector porcícola en el municipio de sasaima Cundinamarca para determinar el grado de tecnología aplicado a las explotaciones y los problemas relevantes a los que se enfrenta. Universidad de la Salle. Facultad de administración de empresas agropecuarias. Bogotá. 2008

ABREVIATURAS

CE: Conductividad Eléctrica

CIC: Capacidad de intercambio catiónico

CO: Carbono Orgánico

CORPOICA: Corporación colombiana de investigación agropecuaria

FAO: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura

FDA: Fibra acido detergente

FND: Fibra neutro detergente

FNP: Fondo Nacional porcicola

ICA: Instituto colombiano agropecuario

MO: Materia orgánica

NT: Nitrógeno Total

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

P: Fosforo

pH: Potencial de Hidrogeno

PNUMA: Programa de las naciones unidas para el medio ambiente

USDA: Departamento de agricultura de los Estados Unidos

ZA: Zona de Afectación

ZNA: Zona de no afectación

RESUMEN

El objetivo de la presenta investigación fue determinar la afectación de efluentes porcícolas al suelo, seleccionando 5 granjas porcícolas pertenecientes a los municipios de Coello (Tolima) y Tocaima (Cundinamarca); estas fueron seleccionadas a partir de los parámetros de Bienestar Animal, Bioseguridad y Alimentación, el estudio se dividió en 4 fases donde se tomaron 4 muestras de suelos por granja, para un total de 20 muestras en el estudio general; para ello se definieron dos (2) zonas de estudio; zona de afectación (ZA) y zona de no afectación (ZNA), en la zona de afectación se tomaron 3 muestras puntuales de forma aleatoria cada una equivalente a 1 kg en un área de 225 m²; en la zona de no afectación se tomó una muestra compuesta de 1 Kg conformada por 10 submuestras en un área de 225 m²; bajo un tipo de muestra de identificación (MI) y una técnica de muestreo estadístico-aleatorio. El análisis de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad de Cundinamarca, determinando pH, color, textura, humedad, capacidad de intercambio catiónico CIC, conductividad eléctrica CE, Nitrógeno (total), Fosforo (disponible), Materia Orgánica MO y Carbono Orgánico CO; los resultados se analizaron bajo el concepto de similitud y variación en cuanto a la ZA y la ZNA; como resultados se obtuvo una tendencia a mayores valores de los parámetros analizados en la ZA, bajos % de MO y CO y altos % de N y P con baja CIC con respecto a la ZNA; como conclusión se encuentran en general suelos ligeramente ácidos, neutros y alcalinos en la distribución de los puntos de muestreo y una variación en los parámetros analizados.

Palabras clave: Alimentación, Bienestar Animal, Bioseguridad, Excretas y Nutrientes.

SUMARY

The aim of this investigation was to determine the effect on the ground hog effluent, selecting five pig farms in the municipalities of Coello (Tolima) and Tocaima (Cundinamarca); These were selected from the parameters of Animal Welfare, Biosecurity and Food, the study was divided into 4 phases where 4 per farm soil samples were taken for a total of 20 samples in the general study; for this two (2) study areas were defined; affected zone (ZA) and non-affected area (ZNA) in the affected area three spot samples were taken randomly each equivalent to 1 kg in an area of 225 m²; area not affected a composite sample of 1 kg consists of 10 sub-samples in an area of 225 m² was taken; under a sample type identification (MI) and a statistical technique-random sampling. The analysis of samples was conducted in the laboratory of soils of the University of Cundinamarca, determining pH, color, texture, moisture, cation exchange capacity CIC, electrical conductivity EC, Nitrogen (total) Phosphorus (available), organic matter MO and organic Carbon CO; the results were analyzed under the concept of similarity and variation in the ZA and the ZNA; as a result a tendency to higher values of the parameters analyzed in ZA, low% of MO and CO and high% N and P with low CIC regarding the ZNA was obtained; conclusion are generally slightly acidic, neutral and alkaline soils in the distribution of the sampling points and a variation in the parameters analyzed.

Key word: Feeding, Animal Welfare, Biosecurity, Excrete and nutrients.

1. INTRODUCCIÓN

El sector pecuario aporta diariamente toneladas de residuos orgánicos al ambiente, reflejados en deyecciones producidas por porcinos, bovinos, aves y ovinos en desechos líquidos (orina) y sólidos (heces) causando trazas considerables de contaminación en el suelo y recurso hídrico respectivamente. Actualmente el interés por esta problemática ambiental se ha concentrado en la parte industrial de granjas tecnificadas dejando rezagada las prácticas a nivel artesanal como son las granjas tradicionales o de traspatio.

Dentro del sector pecuario se sugiere que la práctica que más ha generado este tipo de controversias es la porcicultura, que obedece a una demanda creciente a nivel mundial; donde a pesar que los residuos generados son 100% reutilizables aún no se da el manejo adecuado para su aprovechamiento, desatando una serie de situaciones ambientales como: emisión de gases de efecto invernadero, vertimientos directos a fuentes hídricas y suelos fértiles, proliferación de plagas y problemas de salud pública.

Según la FAO²⁰: La producción porcina mundial está caracterizada por la creciente dicotomía de los sistemas de producción, clasificándolos en sistemas tradicionales de subsistencia a pequeña escala que son los que caracterizan países como Colombia y los sistemas industriales especializados que son frecuentes en países de gran desarrollo económico como Estados Unidos, China y México. La gran diferencia de los dos tipos de sistemas de producción porcina está en la calidad del residuo generad, ya que un sistema tecnificado atiende de manera integral esta problemática, mientras que un sistema tradicional, a pesar de ser de una escala menor presenta niveles mayores de contaminación por el desconocimiento de tratamientos eficientes.

A partir de este panorama a nivel nacional es primordial contextualizar la producción en un marco ambiental, debido a la carga contaminante que se genera por el uso inadecuado de los residuos tanto líquidos como sólidos que pueden llegar a causar deterioro del suelo y eutrofización en el recurso hídrico, además de la emisión de olores ofensivos²¹.

20 FAO, Producción y Sanidad Animal, Departamento de Agricultura y protección del consumidor, 2016.

21 Díaz A., Rodríguez M., Vera J. et. al; Caracterización de los sistemas de producción porcina en las principales regiones porcícolas colombianas, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Universidad de Antioquia, 2011, p.135.

De los aspectos mencionados anteriormente el de menor relevancia a nivel de investigación es la afectación al suelo, pero que cobra gran importancia a largo plazo y que es el objetivo de esta investigación; puesto que al no ser visible a corto plazo puede llegar a afectar indirectamente otros sistemas agrícolas vinculados a la producción pecuaria.

Esta investigación pretende analizar los efectos que este tipo de actividad pecuaria genera o produce en el componente suelo por el vertimiento directo de los efluentes generados en el proceso; además de proporcionar herramientas para el control y manejo de este tipo de situaciones a fin de mitigar los efectos contaminantes en granjas seleccionadas al azar en municipios del departamento de Cundinamarca y Tolima.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En países como Colombia la actividad pecuaria en especial la Porcicultura comprenden la dinámica principal de las familias de zonas rurales, debido a que se presentan todas las condiciones para dar proyección a este tipo de economía, pero junto a esto empiezan los problemas de índole ambiental que se refieren básicamente a la alteración del entorno en 3 dimensiones: agua, suelo y aire por eutrofización, pérdida de nutrientes y emisión de gases de efecto invernadero respectivamente; a pesar de tener claridad en el tipo de afectación no se ha monitoreado el grado de la misma, en especial al deterioro del suelo por causa del vertimiento de efluentes porcícolas caracterizado por alta carga de nutrientes²²; de la misma siendo un foco de enfermedades a nivel de salud pública.

Las granjas de estudio se caracterizan por desarrollar una porcicultura tradicional en su gran mayoría, donde las familias la utilizan en combinación con sistemas agrícolas, para la subsistencia familiar y en un bajo porcentaje para el ámbito comercial; esto implica que en varias de las granjas se presentan problemáticas en la zona agrícola que es regada con los efluentes porcícolas, donde la vegetación presenta enfermedad como clorosis y se seca; en otras situaciones el suelo se erosiona y por ende la vegetación disminuye.

Las zonas de estudio corresponden a terrenos que fueron asentamiento de especies de bosque seco tropical (Bs-T) que hoy ya no existen, donde los suelos se caracterizan por estar a la intemperie y no permitir el crecimiento de especies frutales ni arbustivas, situación de gran interés ya que estas características corresponden a terrenos donde se han aplicado efluentes porcícolas de forma directa continuamente; que son el producto del desconocimiento de las poblaciones en cuanto a la influencia del vertimiento de este tipo de efluente en las propiedades físico- químicas del suelo y que asumen que esta práctica las favorece sin dimensionar que no solo es una afectación ambiental sino social, debido a las demás alteraciones relacionadas como emisión de olores ofensivos y contaminación de fuentes hídricas.

A nivel nacional la preocupación por este tipo de alteración al recurso suelo, no ha tenido mayor relevancia por ser un tema de impacto a largo plazo pero que si se considerara en el momento de inicio de la afectación disminuiría una serie de alteraciones a nivel eco sistémico que no se están teniendo en cuenta pero que

22 Hochstrasser CN1, S.G; Tecnologías alternativas para contrarrestar la problemática económica y social que generan los residuos porcícolas, 13^{er} Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria, 2012,.p 502-506.

perjudican el entorno circundante a la producción porcina a nivel ecológico, ambiental y social.

2.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

- ¿Qué variación se presenta en los parámetros físico – químicos del suelo con respecto a una zona de afectación y no afectación?

3. JUSTIFICACIÓN

La porcicultura al transcurrir los años ha sido el escenario donde las familias han visto un sustento económico y alimenticio, gracias a las ventajas que les ofrece este tipo de actividad económica; hasta aproximadamente 15 años, un campesino podía tener libremente una cantidad de cerdos en grandes extensiones de tierra, pero a medida que se fueron estableciendo políticas nacionales como la guía ambiental para el subsector porcícola (2002), este tipo de prácticas se fueron estructurando según los lineamientos que la guía señalaba en cuanto a tres ejes principales: alimentación, sanidad animal y bioseguridad. Ya los cerdos pasaban de ser animales pastoriles a estar ubicados en zonas de confinamiento con políticas de sanidad más establecidas como: condiciones sanitarias en infraestructuras, sistemas de bioseguridad en acceso y permanencia de personal técnico, alimentación balanceada y lo más relevante la creación de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de este tipo de actividad.

Este cambio de espacio entre campo abierto y confinamiento desato una serie de problemas a nivel sanitario y ambiental como la generación de olores ofensivos, la proliferación de plagas y enfermedades, prácticas en contra de la sanidad animal (corte de colas, descolmille y esterilización), vertimientos a suelo y fuentes hídricas y pérdidas energéticas. A nivel económico este nuevo contexto permitió que se generara un crecimiento acelerado de producción, ya que desarrollar esta actividad pecuaria ahora resultaba más fácil, si solo se tenía un mínimo espacio con las condiciones básicas sanitarias (infraestructura, alimentación y tratamiento de excretas)²³.

Por ende, la actividad porcícola se había convertido en un eje de interés no solo agrícola sino ambiental por la influencia directa a los recursos naturales desde la alimentación hasta la disposición de los residuos orgánicos; debido a que en el proceso de alimentación se utilizan especies vegetales²⁴ que rempazan los concentrados tradicionales con el fin de disminuir la carga contaminante que los mismos atribuyen, en el proceso de producción los impactos generados se reducen a la emisión de gases efecto invernadero, pérdidas energéticas y generación de residuos orgánicos²⁵ (por cada 70 Kg cerdo vivo se produce entre 4 y 5 Kg de excreta/día); es a partir de estas consideraciones que se hace relevante conocer el impacto que genera este tipo de actividad a nivel ambiental en el territorio donde se

²³ Política Nacional de sanidad e inocuidad para la cadena porcícola. Consejo Nacional de Política Económica y Social., Departamento Nacional de Planeación., 2007.

²⁴ Rodríguez C., Pastora J.D.D., Picado F., Mena M., Van der Hoek R., Benavidez A., Real B., Moreno E., Murcia M., Manual de Forrajes para alimentación de cerdos., Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria., Managua-Nicaragua., 2012.

²⁵ Landin Mariscal G., Tratamiento de excretas cerdos., Capítulo 7., FAO., 2007.

desarrolla; Por eso este trabajo busca analizar la influencia que tienen los vertimientos de efluentes porcícolas en el suelo y de esta manera generar medidas de control desde la visión de la ingeniería ambiental.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la afectación al suelo por vertimientos de efluentes porcícolas analizando la variación de las propiedades físico - químicas del mismo en los municipios de Coello y Tocaima.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las granjas seleccionadas de los municipios de Coello y Tocaima bajo los parámetros de inclusión: Bienestar Animal, Alimentación y Bioseguridad establecidos en la Asociación Nacional de porcicultores (ANPC).
- Analizar Color, pH, Textura, Capacidad de Intercambio Catiónico CIC, Materia Orgánica MO, Carbono Orgánico, Nitrógeno N, Fosforo P y conductividad eléctrica CE en las muestras del suelo, con el fin de confrontar las zonas afectadas (ZA) con respecto a las zonas de no afectación (ZNA).
- Presentar un concepto técnico como instrumento que permita el seguimiento a las condiciones ambientales de las granjas porcícolas

5. MARCO REFERENCIAL

La investigación se desarrolló bajo una revisión detallada de los sistemas de producción porcina a nivel mundial, nacional, departamental y local y su dinamismo a nivel comercial en relación con el impacto ambiental generado por los residuos obtenidos en el proceso de producción; especialmente los efluentes (líquidos y sólidos); que pasan por algún tipo de tratamiento pero que son vertidos directamente al suelo aledaño a las zonas de estudio donde se desarrollan sistemas agrícolas como cultivos de maíz, cítricos, mango, pastos de corte entre otros. Este marco referencial es el punto de partida y la base de la investigación en cuanto a sistemas de producción porcina, tratamiento de efluentes, características del suelo y su relación con la porcicultura; que serán utilizados como referencia para el análisis de datos de los parámetros trabajados en el estudio.

5.1. REVISIÓN TEÓRICA

5.1.1. Producción porcicola:

5.1.1.1. A Nivel Mundial: La población mundial total de cerdos no supera los mil millones de animales donde la mayor población está distribuido en el continente Asiático y se encuentra una menor participación en el continente Oceánico²⁶ (ver tabla 1); se considera que algunos países tienen una población mayor de cerdos que personas como Dinamarca (13.000.000 cerdos) Samoa (201.000 cerdos) y Tuvalu (13.200 cerdos). Cabe aclarar que los países con mayores poblaciones de cerdos son: China, Estados Unidos, La Unión Europea y Brasil (Ver tabla 2).

Tabla 1. Población mundial de cerdos (Países de mayor población)

Región	Población	País	Población
Mundo	941.212.507	China	451.177.581
Asia	560.425.232		
Europa	187.654.883	Unión Europea	153.226.384
América	160.293.639	Estados Unidos	67.148.000
África	27.644.351	Brasil	37.000.000
Oceanía	5.194.402	Otros Países	232.660.542

Fuente: FAO, 2010.

²⁶ Sánchez Rodríguez M. Producción Animal e Higiene Veterinaria. España. 2010

La producción porcícola representa a nivel mundial la mayor fuente de proteína cruda en comparación con los otros sistemas agropecuarios de producción de carne como el Bovino, Aviar y Ovino se enmarca en el primer lugar para el año 2015 como o muestra la tabla 2; donde se producen aproximadamente 111, 8 millones de toneladas según la FAO para el año 2015.

Tabla 2. Panorama del Mercado Mundial de la Carne

	2013	2014 est.	2015 pronost.	variación 2015 a 2014
	millones de toneladas			%
Balanza Mundial				
Producción	311.1	314.7	318.7	1.3
Carne de Bovino	67.8	67.8	67,9	0,2
Carne de Ave	108,6	110,2	111,8	1,4
Carne de Cerdo	115	117,2	119,4	1,9
Carne de Ovino	13,9	13,9	14	0,8
Comercio				
Carne de Bovino	29.7	30.6	31.2	1.7
Carne de Ave	8,9	9,6	9,8	1,9
Carne de Cerdo	12,5	12,7	13,1	2,6
Carne de Ovino	7,1	7	7,1	1,6
Carne de Ovino	1.0	1.0	0.9	-8,5
Indicadores de la Oferta y la Demanda				
Consumo humano per cápita				
Mundo (Kg/año)	43.4	43.3	43.4	0.1
	2013	2014	2015 (Ene- Abril)	Variación de Enero- Abr 2015 a Ene- Abril 2014 (%)
INDICE DE LA FAO PARA LOS PRECIOS DE LA CARNE (2002-2004=100)	184	198	178	-3,6

Fuente: FAO, 2015.

Es de esta manera que se considera que la producción de cerdo, afecta tanto a países desarrollados como países en vía de desarrollo; generando consigo una serie de problemáticas a nivel ambiental por el funcionamiento del sistema de producción en sí.

5.1.1.1 A nivel nacional. Según los lineamientos del Departamento administrativo Nacional de Estadística (DANE), en la dirección de síntesis y Cuentas Nacionales (DSCN), Colombia cuenta con una población porcícola de 5'094.664 animales para el año 2015, encontrando una menor participación a nivel departamental en Vaupés, Guainía y Amazonas; caso contrario a los Departamentos de Antioquia, Cundinamarca y Valle (Ver tabla 3).

Tabla 3. Población de cerdos a nivel Departamental

DEPARTAMENTO	LECHONES 1-60 DIAS	LEVANTE 61 - 120 DIAS	CEBA 121 - 180 DIAS	HEMBRAS REEMPLAZO 120 - 240 DIAS	HEMBRAS CRIA >240 DIAS	MACHOS REPRODUCTORES / REEMPLAZO > 180 DIAS	CERDOS DE TRASPATIO 2016	TOTAL PORCINOS - 2016
AMAZONAS	0	0	0	0	0	0	500	500
ANTIOQUIA	557.348	509.284	375.751	31.791	115.779	6.521	156.914	1.753.388
ARAUCA	12.082	7.059	15.470	4.606	8.137	1.605	11.441	60.400
ATLANTICO	21.404	18.467	17.865	2.087	8.786	510	31.701	100.820
BOLIVAR	895	1.020	1.018	374	586	21	77.654	81.568
BOYACA	51.968	41.572	36.013	3.236	11.200	1.489	89.879	235.357
CALDAS	24.056	32.722	47.764	1.320	4.328	353	22.780	133.323
CAQUETA	0	0	0	0	0	0	58.608	58.608
CASANARE	6.656	3.582	0	278	869	280	11.115	22.780
CAUCA	16.266	27.178	29.552	2.681	11.518	2.645	12.454	192.122
CESAR	722	0	1.135	575	561	146	62.438	65.577
CHOCO	796	361	1.557	50	277	14	25.795	28.850
CORDOBA	19.081	39.880	12.591	4.830	10.255	1.942	68.937	157.516
CUNDINAMARCA	215.773	177.861	84.309	4.023	9.158	557	26.258	517.939
DISTRITO-CAPITAL	846	1.082	413	41	172	4	1.150	3.708
GUAINIA	18	84	72	42	67	16	17	316
GUAVIARE	0	0	0	0	0	0	5.832	5.832
HUILA	14.038	12.684	10.927	1.531	3.720	584	41.170	84.654
LA-GUAJIRA	0	0	0	0	0	0	33.064	33.064
MAGDALENA	2.050	1.692	1.385	1.439	2.544	867	166.603	176.580
META	45.070	47.996	106.045	5.120	15.251	884	15.898	236.264
NARINO	11.190	11.539	16.913	2.614	4.670	1.719	101.349	149.994
NORTE-SANTANDER	28.787	0	14.804	961	4.779	1.082	17.841	68.254
PUTUMAYO	0	0	0	0	0	0	23.459	23.459
QUINDIO	9.408	24.817	21.789	616	4.440	917	8.153	70.140
RISARALDA	64.351	20.593	24.160	2.091	6.685	244	13.405	131.529
S.ANDRES/PROVID	819	622	335	194	205	48	0	2.223

SANTANDER	2.656	3.604	4.567	355	1.794	75	61.629	74.680
SUCRE	962	1.302	1.332	186	535	58	120.080	124.455
TOLIMA	6.993	5.068	7.469	398	2.508	70	54.670	77.176
VALLE	117.288	70.032	70.559	4.719	25.773	2.959	125.454	416.784
VAUPES	43	14	36	21	31	18	0	163
VICHADA	15	0	37	0	14	1	6.574	6.641
Total general	1.231.581	1.060.115	903.868	76.179	254.642	25.629	1.452.822	5.094.664

Fuente: ICA, 2016.

Considerando la población a nivel Departamental presentada en la tabla anterior, se establecen por regiones el número de granjas a nivel regional que presentan una actividad porcicola tecnificada (Ver Cuadro 1) a nivel de sistema productivo (Cría, Levante y ceba y Ciclo completo), Según el informe del DANE para el año 2003, se establece que la región con mayor número de granjas tecnificadas en el sistema de cría es la central, en el sistema de levante y ceba es Antioquia y por último en el sistema de Ciclo completo es la Occidental.

Cuadro 1. Cantidad de Granjas Porcícolas Tecnificadas por sistema de Producción.

Sistema de producción		REGION	N° de granjas	Grafica
Cría				
		Central	81	
		Antioquia	79	
		Occidental	60	
		Resto Regiones	63	
Levante y Ceba				
		REGION	N° de granjas	Grafica
		Antioquia	295	
		Occidental	98	

Central	61	
Resto Regiones	34	
Ciclo completo		Grafica
Occidental	268	
Central	206	
Antioquia	165	
Resto Regiones	108	

Fuente: DANE, 2003.

5.1.1.3. A nivel Departamental. Cundinamarca, se considera como uno de los departamentos a nivel nacional de mayor producción porcícola al igual que Antioquia, Boyacá, Meta y el Valle del Cauca con un rango de producción entre 200001 y 1753388 porcinos²⁷; precedido por el departamento del Tolima que cuenta con una producción entre los 65001 a 200000 porcinos.

5.1.1.4. A nivel Local. De manera más detallada se encuentra que a nivel departamental para el año 2009, Cundinamarca tenía una participación de 309,325 porcinos representada en los municipios de San Antonio del Tequendama, Sasaima, Choachi, Guaduas entre otros con una producción mayor a 18,000 porcinos.

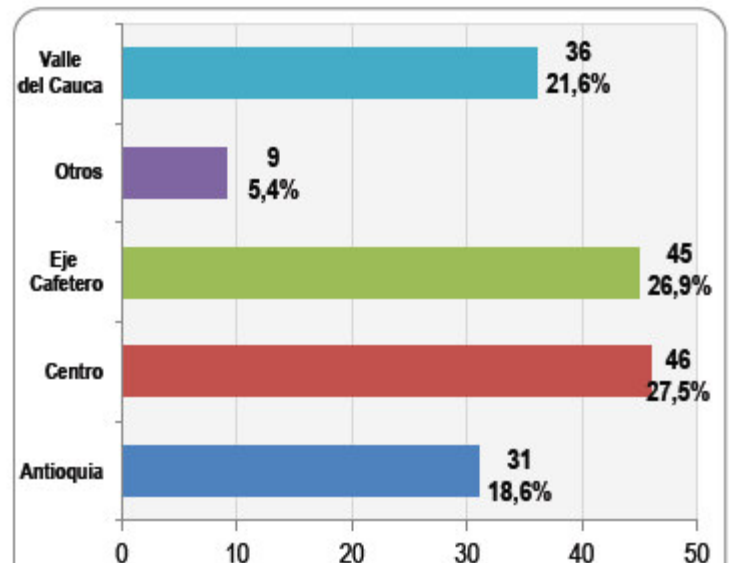
²⁷ ICA. Censo Poblacional de Porcinos, Colombia 2016. Mapa, Sistema de Coordenadas UTM. Dirección técnica de Vigilancia Epidemiológica. Bogotá, Colombia. 2016

En el caso de las zonas de estudio: Tocaima cuenta para este año con más de 1000 porcinos una cifra que ubica a este municipio como de Mediana Producción²⁸; en el caso del Tolima, el municipio de Coello cuenta para el año 2010 con aproximadamente 1000 porcinos categorizándolo como de baja producción porcícola pero no excepto de generación de impactos ambientales²⁹.

5.1.2. Parámetros principales en la porcicultura

5.1.2.1. Bioseguridad. En el tema de bioseguridad, La Asociación Nacional de Porcicultores bajo los aspectos del programa nacional de mejoramiento de la bioseguridad, generó un diagnóstico de la bioseguridad por regiones del país (Figura 1), se realizó este diagnóstico a 167 granjas pertenecientes al PNMES; donde se muestra la distribución por regiones de las granjas evaluadas que se dio de la siguiente manera 27,5% se realizaron en la Región Centro, el 26,9% en el Eje Cafetero, 21,6% en el Valle del Cauca, 18,6% en Antioquia y el 5,4% en otros departamentos teniendo presente que la mayor concentración de la producción porcina se encuentra en estas regiones.

Figura 1. Evaluaciones de Bioseguridad a Granjas porcícolas Colombianas³⁰.



Fuente: Área Técnica Asociación Nacional de Porcicultores - FNP

²⁸ MADS. Sector Agropecuario. Estadísticas de Cundinamarca 2010. Bogotá, Colombia. 2010

²⁹ Villaraga Montaña J., A. Actividades Realizadas Centro Provincial Coello. Tolima, Colombia, 2010

³⁰ Asociación Nacional de Porcicultores (Asociación Nacional de Porcicultores). Conozca la situación sanitaria del sector Porcícola en Colombia. Porcicultura Colombiana. Bogotá. 2015. P.22.

5.1.2.2. Bienestar Animal. Según el Fondo Nacional de la Porcicultura, “un animal está en buenas condiciones de bienestar si, está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad para poder expresar formas innatas de comportamiento”; el bienestar animal está estrechamente ligado con la productividad debido a la siguiente relación:

$$\text{BIENESTAR}=\text{PRODUCTIVIDAD}=\text{RENTABILIDAD}^{31}$$

El bienestar animal en la porcicultura está determinado por las llamadas cinco libertades como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Las cinco libertades en la porcicultura- Bienestar Animal

Tipo de Libertad	Característica Relacionada
Ausencia de Hambre y Sed	Instalación de comederos y bebederos automáticos
Ausencia de Dolor, Lesiones y Enfermedad	Asistencia Veterinaria y Plan Vacunacional
Ausencia de Incomodidad	Infraestructura Adecuada (Ventilación, Baja Humedad y Zonificación)
Libertad para Expresar el Comportamiento Normal	Animales de una misma Cerda
Ausencia de Miedo Y angustia	Cero Maltrato animal, Cercas perimetrales

Adaptado, Asociación Nacional de Porcicultores, 2015

5.1.2.3. Alimentación. La alimentación en la porcicultura es la base de producción comercial, debido al alto rendimiento que esta le aporta al animal; hace aproximadamente 4 décadas, los cerdos eran alimentados con restos agropecuarios u domiciliarios, lo que no suplía la necesidad nutricional comercial para tener un animal a la venta en más o menos 5 meses; sino que este método retrasaba la producción cárnica; a partir de ahí se estableció la alimentación de cerdos a base de concentrados ricos en nutrientes que le aportarían un mayor rendimiento al porcicultor; la problemática de este tipo de alimentación es reflejada en la parte ambiental puesto que el aporte nutricional (ver tabla 4); se ve reflejado en el estiércol que va directa o indirectamente al medio circundante causando procesos de sobresaturación de nutrientes en el suelo o cuerpos de agua³².

³¹ Asociación Nacional de Porcicultores. Bienestar Animal Porcino. Área Técnico. Bogotá, Colombia, 2015

³² Campabadal C. Guía técnica para alimentación de Cerdos. Ministerio de Agricultura. Costa Rica. 2009

Tabla 4. Composición nutricional del concentrado para cerdos

Ingredientes	Composición del concentrado (Kg)		
	Alimento inicial *	Crecimiento **	Terminación ***
Proteínas	400 gr	390 gr	380 gr
Lisina	35 gr	26 gr	26 gr
Metionina	12 gr	5 gr	5 gr
Calcio	26 gr	29 gr	32 gr
Fosforo	12 gr	11 gr	10 gr
Vitamina A	28286 IU	26136 IU	24750 IU
Vitamina D3	6857 IU	6636 IU	6000 IU
Vitamina E	31 IU	28 IU	27 IU
Vitamina B2	13 mg	12 mg	11 mg
Colina	943 mg	871 mg	825 mg
Zinc	514 mg	475 mg	450 mg
Cobre	686 mg	944 mg	30 mg
Selenio	0,51 mg	0,47 mg	0,45 mg
Sodio	0,48 mg	0,48 mg	0,6 mg

* Peso 10 a 15 Kg

** Peso 25 a 60 Kg

*** Peso > 60Kg

Fuente: Instituto nacional de Investigaciones agrícolas (INIA). 2002.

Por ende, se ha venido reemplazando un porcentaje de alimentación a base de concentrados por alimentación vegetal (forraje); que aunque extiende el ciclo de producción es amigable con el medio, al igual que con la calidad cárnica³³.

5.1.3. Sistemas de la porcicultura. La porcicultura a través de sus procesos de formación y consolidación como industria agropecuaria; ha organizado una serie de procesos y líneas de producción (Cuadro 3) que permiten guiar al porcicultor en cada una de sus actividades con el fin de mitigar los impactos socio-ambientales que se derivan.

³³ Londoño Botero J., M. Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerdas adultas. Maestría en ciencias agrarias con énfasis en producción. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Valle del Cauca, Colombia. 2004

Cuadro 3. Sistemas utilizados en la porcicultura.

SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMERCIAL
<p>Confinado: los cerdos permanecen todas las etapas de su vida en confinamiento.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Permite la producción de un mayor número de cerdos en un área menor. -Facilita un mayor control de los animales. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -tiene altos costos de producción. -exige un alto control sanitario. -produce focos de contaminación. 	<p>Producción cerdos para engorde:</p> <ul style="list-style-type: none"> -requiere de un mínimo de instalaciones. -corrales de inicio, desarrollo y engorde. 	<p>Sistema continuo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -es el sistema tradicional de este tipo de actividad. -la producción es permanente. -las instalaciones no tienen un periodo de descanso.
<p>Extensivo: los animales viven permanentemente en pastoreo.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -se reduce el costo de las instalaciones. -Hay aprovechamiento de residuos orgánicos para la alimentación. -no se producen focos de emisiones. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -se requiere de mayor tiempo para comercializar los animales. - mayores cuidados en la reproducción. 	<p>Producción de lechones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -hace referencia a todas las instalaciones de cría; se genera un mayor costo de producción. 	<p>Sistema todo adentro, todo afuera:</p> <ul style="list-style-type: none"> -se programa la producción de un galpón al mismo tiempo. -descanso de instalaciones y su posterior desinfección.
<p>Mixto: se mantiene el pastoreo de las hembras gestantes y de los verracos, mientras que las crías están en confinamiento.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -se reduce el costo de instalaciones. -se reduce el costo de alimentación. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -doble espacio de producción. Mayor cuidado del animal. 	<p>Producción ciclo completo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -requiere todas las instalaciones del ciclo biológico del animal. 	

Fuente: Manual de porcicultura, Costa Rica (2007)³⁴.

A nivel nacional se identifica una clasificación más detallada de los sistemas de producción animal (Cuadro 4) para efectos de su distribución dentro de una granja porcícola:

³⁴ Padilla Pérez M., Manual de Porcicultura., Ministerio de Agricultura y Ganadería., Programa Nacional de Cerdos., Fundación para el fomento y promoción de la investigación y transferencia tecnológica agropecuaria en Costa Rica., San José, Costa Rica., 2007.

Cuadro 4. Sistemas de producción animal (Colombia).

Granja de Ceba	Granja de Ciclo completo
-maneja lechones machos y hembras para su engorde y posterior sacrificio. -compra lechones de 22- 25 Kilos y los engorda hasta los 95-105 Kilos. -se hace en dos etapas: Levante: De los 22-25 Kilos hasta los 50-60 Kilos. Ceba: de los 50-60 Kilos hasta los 95- 105 Kilos (Sacrificio). No hay generación de residuos biológicos.	Se realizan las actividades de levante y ceba desde la etapa de cría. Se produce la generación de residuos biológicos (fetos, placentas, vacunaciones entre otros).

Fuente: Guía Ambiental para el Subsector Porcicola, 2002³⁵.

5.1.3.1. Consideraciones generales en los sistemas de producción:

- *A nivel económico:*
 - Alimentación
 - Compra y venta de los animales
 - Costo de las instalaciones (espacio vital, comederos y bebederos)
 - Atención veterinaria
- *A nivel sanitario:*
 - Raza de los animales
 - Etapa de reproducción
 - Vacunación
 - Lavado de corrales y desinfección
 - Medidas de Bioseguridad
- *A nivel ambiental:*
 - Clima
 - Dirección de los vientos
 - Orientación de las instalaciones

³⁵ Dirección Ambiental Sectorial., Guía Ambiental para el subsector Porcicola. Ministerio del Medio Ambiente., Curso para construir la Paz., 2002.

- Necesidades de agua
- Disposición final de residuos
- Vertimientos
- Emisiones

5.1.3. Razas utilizadas en los sistemas de estudio. La totalidad de las granjas presenta la producción de cerdos de las razas LANDRACE y YORKSHIRE que tiene una serie de características como se muestra en el Cuadro 5 y se ilustra en el cuadro 6.

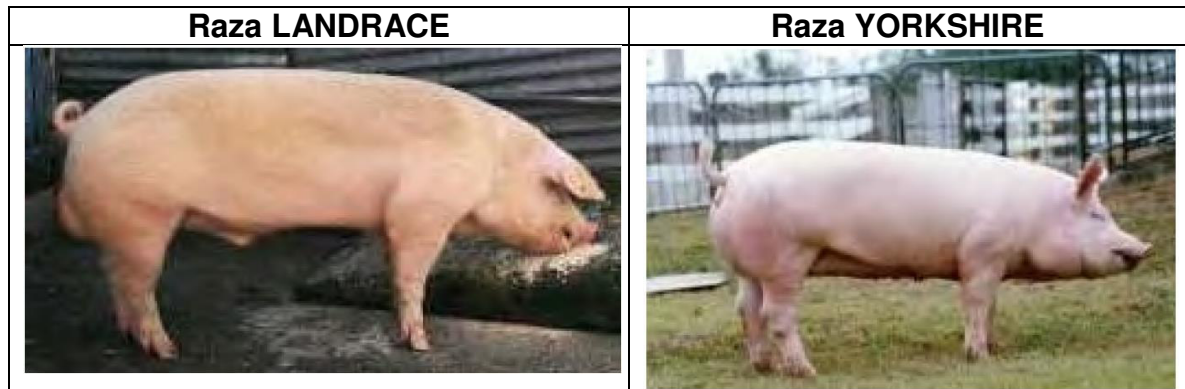
Cuadro 5. Características de Cerdos de la raza LANDRACE.

CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA LANDRACE	CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA YORKSHIRE
<ul style="list-style-type: none"> • Origen Europeo. • Presenta coloración blanca con orejas blancas dirigidas hacia adelante. • Se cuerpo es alargado. • Tienen un promedio de 12 lechones por cría. • Presenta bajos valores de engrosamiento. • Mayor uso comercial. • Ganancia media diaria es de 20-90Kg -----695 (g/día) 	<ul style="list-style-type: none"> • Originaria de Inglaterra. • Su cuerpo es largo, ancho y profundo con apariencia maciza. • Son totalmente blancos sin manchas. • Orejas erectas. • Su carácter es prolifero y buena actitud lechera y materna. • Mayor velocidad de crecimiento. • Ganancia media diaria es de 20-90Kg -----725 (g/día)

Fuente: Manual de Porcinos, 2010³⁶.

³⁶ Dirección de Educación Agraria. Manual de Porcinos. Dirección Provincial de Educación Técnico Profesional. 3° Año Ciclo Básico Agrario. Buenos Aires, Argentina.2010.

Cuadro 6. Razas de Cerdos comercializadas en las granjas de estudio.



Fuente: Manual de Porcinos, 2010.

Dentro de este fundamento teórico a que hace referencia el Bienestar animal, se relaciona directamente con el ambiente donde se desenvolverá el animal en su ciclo biológico desde el nacimiento hasta su sacrificio; para esto el animal debe disponer de un espacio adecuado para sus necesidades en particular en la parte de infraestructura, para este fin se cuenta con una aproximación del espacio requerido por cada animal según su etapa productiva (Cuadro 7).

Cuadro 7. Espacio Requerido por Cerdo en sistema de confinamiento.

ETAPAS DEL DESARROLLO	ESPACIO (m ²)
Hasta 15 Kg	0.33
De 15 a 45 Kg	0.45 a 0.50
De 45 a 70 Kg	0.65 a 0.75
Más de 70 Kg	0.86 a 1.20
Reproductor	1.2 a 2.2
Gestación	1.6 a 2.1

Fuente: Manual De producción porcicola, 2005³⁷.

5.1.5 Producción de excretas en la porcicultura. Hay un tema importante en la industria porcicola y son las aguas residuales donde se involucran las excretas ya que estas están conformadas por residuos sólidos y líquidos acarreados por el agua de lavado, donde sus principales ingredientes son: mezcla de excretas (heces y orina), agua, alimento desperdiciado, cama, suelo, desechos biológicos entre otros. Además se considera que por etapa de crecimiento del animal hay una estimación de producción de excretas (ver tabla 5) y por ende el nivel de tratamiento a implementar.

Tabla 5. Producción de excretas porcícolas

³⁷ Carrero González H., Manual de Producción Porcicola. Ministerio de Protección Social. Servicio Nacional De Aprendizaje (SENA). Tuluá, Valle.2005. p.46.

Etapa	Estiércol Kg/día	Estiércol + orina kg/día	Volumen 1/día	Volumen m3/anim./mes
25 / 100 Kg	2,3	4,9	7	0,25
Hembra	3,6	11	16	0,48
H.				
Lactación	6,4	18	27	0,81
Semental	3	6	9	0,28
Lechón	0,35	0,95	1,4	0,05

Fuente: FAO, 2010.

Además de estas consideraciones existen factores que determinan la tasa de excreción de heces y orina como: edad del animal, madurez fisiológica, cantidad y calidad del alimento ingerido, volumen del agua consumida, clima entre otros³⁸.

Las características de los residuos porcícolas están directamente relacionados con el aporte nutricional de la alimentación ya que de cada gramo de proteína consumida, tan solo el 33% es utilizado para la formación de tejidos (carne) en el animal, el resto es eliminado en forma de subproductos; donde lo más representativo son los macronutrientes (N, P, K) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Concentración media de parámetros de los purines de cerdo³⁹.

Parámetro	Concentración
Materia Seca	5-7%
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	15000-250000 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	35000- 60000 mg/l
N Amoniacal	3000-5000 mg/l
Sodio	1000-2000 mg/l
Fosforo	1000-3000 mg/l
Potasio	1000-3000 mg/l
Cobre	20-40 mg/l
Zinc	20-40 mg/l
Hierro	50-150 mg/l

Fuente: Plaza et. al., 1999.

Además de lo anterior mencionado se establece una composición química de las excretas porcícolas como se ve en la Tabla 6; que son analizadas por etapa de reproducción, por ejemplo la porcínaza proveniente de animales de pesos inferiores presentan un mayor contenido de proteína Cruda (PC), extracto etéreo (EE),

³⁸ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC., Manual de Buenas Practicas de Producción en Granjas Porcícolas. Departamento de Nutrición Animal. México, 2004.

³⁹ FAO., Buenas Practicas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires, Argentina. 2012. P.239.

Carbohidratos no estructurales (CNE) y energía y un menor contenido de Cenizas, Calcio, Fosforo, FND y FAD que la porcínaza de animales reproductores debido a las dietas alimentarias para cada etapa de producción.

Tabla 6. Composición de Excretas Porcinas⁴⁰

ETAPA PRODUCTIVA	Humedad %	Proteína Cruda %	Extracto Etéreo %	Cenizas %	FND %	FAD %	CNE %	Calcio %	Fósforo %	Cobre mg/Kg
Inicio	80,51	26,92	7,1	14,28	28,4	2	23,2	2,51	0,19	1160
Desarrollo	78,67	26,27	9,83	15,97	30,8	9	17,0	3,36	0,21	445,0
Engorde	78,55	23,38	6,47d	16,44	37,0	11,3	18,2	2,96	0,22	427,6
Gestante	80,77	16,49	3,85	20,34	4	5	4	2,96	0,22	4
Lactante	72,52	15,8	8,64	20,08	40,2	4	1	3,93	0,29	725,3
					30,	11,7		5,01	0,27	920,6
					65	9	16,22			

Fuente: Universidad Lasallista, 2010.

5.1.6 Impactos de la porcicultura en el suelo. Se destaca que la mayor afectación de la producción porcícola al suelo es la acumulación de nutrientes, la degradación física del suelo y el deterioro de la cobertura vegetal⁴¹; cabe aclarar que la cantidad de nutrientes que entran al suelo depende principalmente de la densidad animal y la permanencia de los mismos en una superficie determinada⁴².

Según la FAO (2012): “El N-NH₄ contenido en los purines e incorporados en el suelo se transforma en forma nítrica (NO₃). Esta forma es soluble y, por tanto, susceptible tanto de ser absorbida por los cultivos como de ser lavada a capas profundas (lixiviados) contaminando acuíferos o cursos de agua¹⁰. Otros elementos limitantes son el Cu y Zn, habiéndose observado que en terrenos fertilizados durante años con purín se incrementa su fracción asimilable. El exceso de Cu en el suelo impide el desarrollo normal de la raíz, provoca la aparición de clorosis y un escaso crecimiento vegetativo. El vuelco excesivo de purines (vuelcos puntuales y repetidos

⁴⁰ Quintana Castrillón O., Jiménez Pérez R., Bedoya Mejía O. Porcínaza en la alimentación animal: Artículo de Revisión. Universidad Lasallista. Revista Lasallista de Investigación- Vol. 1 n° 1. Bogotá, Colombia. 2010, p.p 72-76

⁴¹ Monteverde S. Impacto sobre el suelo de un sistema de cerdos a campo en el largo plazo, Tesis Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad de la República de Uruguay, Montevideo, Uruguay, 2012.

⁴² Menzi, H.; Stauffer, W. et al.; Impact environmental of the production porcine plein-air. PRO.RAMIRAN-conference, Rennes (F). 1998.

en una misma área), puede llevar a la formación de costras superficiales, reduciéndose la permeabilidad del agua y del aire y, por lo tanto, favoreciéndose su erosión; como así también originar una acumulación excesiva de sales, con efectos negativos en la estructura y de metales pesados, que pueden ser tóxicos para los microorganismos del suelo”.

5.1.6.1 Tratamientos de efluentes porcícolas. Lo primero que se debe considerar a la hora de tratar un efluente porcícola son una serie de parámetros físico- químico como⁴³:

- DBO₅, DQO
- NITROGENO, FÓSFORO
- Sólidos suspendidos Totales, Volátiles (SST y SSV) y Sedimentables (SS)
- Conductividad Eléctrica (CE), pH
- Coliformes Fecales Totales
- Escherichia Coli*
- Huevos de Helmintos

A partir de los resultados que se obtengan en un análisis como el anterior mencionado, entonces se puede aplicar según corresponde cualquiera de los sistemas presentados en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Sistema de tratamientos para efluentes porcícolas.

Tratamiento Primario		Tratamiento Secundario	
6	Separación de Sólidos	Biológicos	
7	Sedimentadores	8	Lagunas de estabilización
11	Filtración en medio Granular	9	Biodigestión
		10	Compostaje
12	Tamices	Químicos	
		<ul style="list-style-type: none"> • Estabilización con cal 	

Fuente: FAO, 2012.

⁴³ Buenas Prácticas Pecuarias, FAO.2012.

5.1.6.2. El suelo. El suelo ha estado sometido a una serie de factores climáticos, biológicos, químicos y antrópicos que le han dado las propiedades que lo caracterizan y permiten las interacciones dinámicas con la atmosfera y la vegetación; es por esta razón que el suelo juega un papel primordial en el ciclo hidrológico del planeta por su capacidad de amortiguación y retención de nutrientes que son devueltos a la atmosfera a través de los procesos químicos realizados por las plantas⁴⁴. Sin embargo el suelo ha estado expuesto a una serie de afectaciones a nivel ambiental basadas en la contaminación por vertimientos y la deforestación; haciendo referencia al primer caso se puede vincular con hechos industriales y agrícolas que durante años han cambiado la composición original del suelo en cuanto a las cantidades optimas de nutrientes; en algunos casos el vertimiento de aguas residuales (efluentes domiciliarios, industriales y agrícolas) ha generado una pérdida de nutrientes y posterior degradación del suelo (erosión) y en otros casos un exceso de algunos nutrientes (Nitrógeno y fosforo) ocasiona la toxicidad del suelo (infertilidad)⁴⁵.

- Parámetros físico- químicos del suelo

Los parámetros físico- químicos del suelo dan una orientación del estado actual y progresivo de este recurso, analizándolo como un cuerpo heterogéneo, donde los resultados de un lugar con respecto a otro pueden ser totalmente diferentes ya sea por condiciones topográficas, hidrológicas, antrópicas y climáticas⁴⁶.

Dentro de los diferentes parámetros físicos químicos que se pueden analizar se contemplaran los siguientes:

- pH

El grado de acidez o basicidad del suelo está influenciado por una serie de aspectos como: tipo de material parental (formación inicial), precipitación (lixiviación de nutrientes), adsorción de base (vegetación), clase de fertilización (intervención antrópica), bacterias fijadoras de Nitrógeno (medio propicio)⁴⁷.

Leonardo Jaimes Martínez, 2005; expresa un rango de pH y su relación con la productividad del suelo como se evidencia en la tabla 7.

⁴⁴ Jaramillo D. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2002.

⁴⁵ Restrepo Correa J., F; Arroyave Silva S. M. Analisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Universidad de Medellín. Colombia. 2009

⁴⁶ Hernández López D., Hernández Valencia I. Cambios en parámetros físico químicos y biológicos en el suelo de una sábana protegida de quema y pastoreo durante veinticinco años. Instituto de Zoología Tropical. Bioagro. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 2008

⁴⁷ Martínez H., E; Fuentes J., P; Acevedo E. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. Chile. 2008

Tabla 7. Interpretación del pH del suelo

REACCION DEL SUELO	RANGO DE pH	INTERPRETACIÓN
Muy Alcalino	Mayor de 8.0	Exceso de Sodio. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de las plantas
Alcalino	7.4-8.0	Exceso de Carbonatos libres y/o sales solubles. Baja Disponibilidad de Fosforo, Boro, zinc, Hierro.
Neutro	6.6- 7.3	Adecuada disponibilidad de Nutrientes
Ligeramente Acido	6.1-6.5	Adecuada disponibilidad de Nutrientes
Moderadamente Acido	5.6-6.0	Moderada solubilidad del fosforo y mediana disponibilidad del calcio y magnesio.
Fuertemente Acido	5.1-5.5	Presencia de Aluminio Intercambiable en cantidades moderadas a altas, deficiencia de Fosforo, baja Disponibilidad de Sales(Ca, Mg, Na y K)
Muy Fuertemente Acido	4.6-5.0	
Exageradamente Acido	Menor de 4.5	

Fuente: ICA, 2005.

- Color

El color está directamente asociado con la constitución del complejo coloidal presente en el mismo. Se atribuye los colores oscuros del suelo cuando hay índices de moderada a alta fertilidad es decir presencia de materia orgánica y macronutrientes; en el caso contrario los colores claros (amarillos, rojizos, grisáceos) son representación de suelos poco evolucionados con moderada a baja fertilidad; donde la presencia de los micronutrientes es mayor a los macronutrientes, en este tipo de suelos se deben hacer tratamientos específicos de acuerdo a la composición mineral in situ⁴⁸.

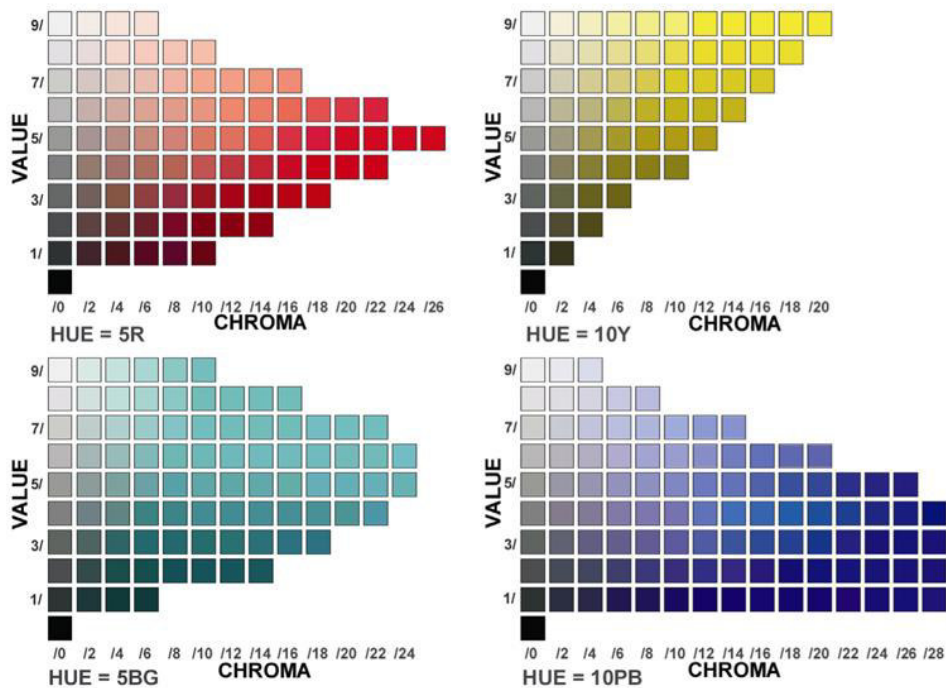
⁴⁸ Sabroso Gonzales M., C; Eixarch Pastor A. Guía sobre suelos contaminados. Departamento de Economía, Hacienda y Empleo.Zaragosa. 2004

Código Munsell⁴⁹

Este código está dado por el profesor Albert H. Munsell, se basa en un sistema de organización del color a través de códigos alfa numéricos. En este sistema el color tiene 3 cualidades o atributos: matiz, intensidad y croma; en la relación munsell cada color tiene una relación lógica con los demás colores. El código de munsell puede evidenciarse en la figura 2.

- Matiz: hace referencia al atributo que hace distinguir un color de otro. Hay un orden natural de matices: Rojo, amarillo, verde, azul y púrpura. En este caso los colores mencionados son tomados como matices principales. El matiz es identificado dentro del código munsell por un número del 0 al 100.
- Intensidad: indica la claridad de un color. La escala varía de 0 (puro negro) a 100 (puro blanco).
- Croma: es el grado de salida de un color del color neutro del mismo valor. Los colores de baja croma son llamados débiles mientras que los de alto croma son llamados fuertes o vivos.

Figura 2. Código Munsell aplicado al suelo



Fuente: USDA⁵⁰

⁴⁹ Moya M., E; Reinoso P., Galussi A., Solda G. Respuesta al fenol de los cariopis de cultivadores de cebada y centeno. Ciencia, Docencia y Tecnología. Argentina. 2006

⁵⁰ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Claves para la taxonomía de suelos. Servicio de conservación de recursos naturales. Estado de México. 2007

- Textura

Dentro de la fase solida del suelo, se encuentra constituido por una serie de partículas con tamaño muy variados que le atribuyen al suelo una serie de características físicas iniciales que son el complemento de la caracterización química del suelo por las propiedades físicas. Para caracterizar este tipo de partículas la International society of soil science las ha clasificado según el diámetro de la partícula como se ve en la tabla 8.

Tabla 8. Tamaño de las partículas del suelo según la International Society of soil science

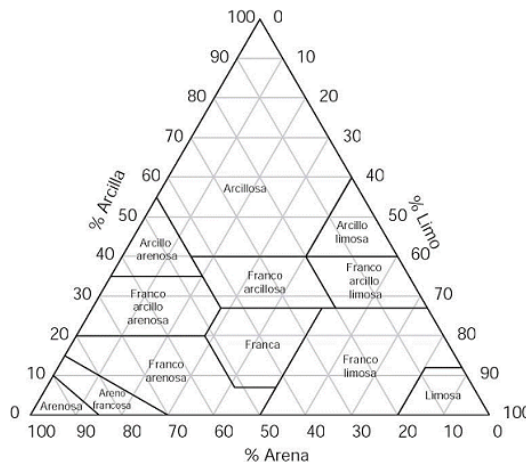
Fracciones	límite de diámetro (mm)
Arena	
Gruesa	2.0 - 0.2
Arena Fina	0.2 - 0.02
Limo	0.02 - 0.002
Arcilla	< 0.002

Fuente: International Society of soil science.

- Clases textuales del suelo

Hacen referencia a la relación porcentual que puede tener un suelo en agregados de arena, arcilla y limo y así mismo dar una clasificación como se evidencia en el diagrama triangular de las clases textuales según el USDA apreciado en la figura 3.

Figura 3. Triangulo de clases textuales



Fuente: USDA.

- Humedad

La humedad del suelo está relacionada con las precipitaciones y la capacidad de infiltración del mismo; es decir depende del porcentaje de agregado de los suelos para saber la humedad que puede presentar el mismo, es decir la cantidad de agua almacenada por ese suelo.

Al tener una relación directa entre Humedad y Textura del suelo se observa en la tabla 9, los porcentajes de humedad estimados para cada clase textual de suelos.

Tabla 9. Humedad en el suelo⁵¹

Textura del suelo	capacidad del campo	punto de marchitamiento	humedad disponible
Arenoso	9%	2%	7%
arenoso- franco	14%	4%	10%
Franco arenoso- limoso	23%	9%	14%
Franco arenoso + materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco Arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	34%	14%
arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

Fuente: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

- Materia Orgánica

La materia orgánica es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre las propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono orgánico y nitrógeno; este parámetro es uno de los más relevantes a la hora de examinar un suelo puesto que permite analizar la escala de productividad del mismo. El análisis de M.O en el suelo está dado también por el color que presente el suelo, si se encuentra un suelo oscuro se asume un porcentaje de materia orgánica alto y si es un suelo claro el porcentaje de M.O será mucho menor⁵².

⁵¹ Sepúlveda P., López H., Núñez D. Efecto de diferentes niveles de Humedad en el suelo sobre el desarrollo del carbón de la papa (*Angiosorus solani*) en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) bajo condiciones de invernadero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 2000

⁵² Sánchez B., Ruiz M., Ríos M, M. Materia Orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del rio Maracay, estado Aragua. Agronomía Tropical. Centro de investigación y extensión en suelos y aguas (CIESA). Venezuela. 2005

La M.O en el suelo está dada por la descomposición de los residuos vegetales, la meteorización, la actividad microbiana y la adición de humus; bajo estas consideraciones se dice que la M.O del suelo es la base para el funcionamiento y circulación de los nutrientes contenidos en el mismo y en la proporción de retención de agua; esto permite una adaptabilidad vegetativa más predominante. La variación del contenido de M.O ha sido evaluada en diferentes investigaciones atribuyéndosela a diferentes factores como: clima, vegetación, material parental, relieve y tiempo.

- Carbono Orgánico

Se ha encontrado una relación cuadrática representativa entre la precipitación y el contenido de carbono orgánico (CO), además se encuentra una relación entre la textura del suelo y la presencia de CO, puesto que en texturas gruesas hay mayores niveles de carbono orgánico en comparación con suelos de textura fina, esto se relaciona con la pendiente puesto que si el suelo la presenta acompañada por muestra de erosión hídrica se encontrarán los mayores niveles de CO en las zonas bajas. Su participación se alude al cambio de la estructura del suelo y la distribución del espacio poroso favoreciendo la capacidad de intercambio catiónico⁵³.

El CO es directamente proporcional a la cantidad de MO contenida en el suelo⁵⁴.

- Conductividad Eléctrica

Es una propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, su movilidad y contenido de sólidos disueltos; es por ello que se habla que la medición de la conductividad eléctrica es la forma indirecta de analizar el contenido de sales en la solución de un suelo, según esta consideración se establecen unos rangos de conductividad como se muestra en la tabla 10.

⁵³ Carvajal A., Feijo A., Quintero H., Rondón M. Carbono Orgánico del suelo en Diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 2009

⁵⁴ Eyherabide M., Rozas Sainz H., Echeverría H, E. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en el suelo. Ciencia del Suelo. Argentina. 2014

Tabla 10. Clasificación del suelo según valores de CE

Categoría del suelo	Valor dS/m
No salino	0 - 2.0
Poco salino	2.1 - 4.0
Moderadamente salino	4.1 - 8.0
Muy salino	8.1 - 16.0
Extremadamente salino	> 16.0

Fuente: OMS

- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico cumple un papel fundamental en el suelo por ser la representación directa de las bases intercambiables; ya que se entiende como la habilidad de retener nutrientes y de esta manera es determinante en la nutrición vegetal como un parámetro de observación directa⁵⁵.

La CIC tiene una relación con la textura y la presencia de materia orgánica a nivel de profundidad, es de esta manera que se considera que a mayor profundidad se obtendrá mayor capacidad de intercambio catiónico relacionada con la presencia de arcillas, esta relación se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Relación de las clases textuales con la Capacidad de Intercambio Catiónico

Tipos de Arcillas y Humus	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) meq/100gr Suelo	Elementos presentes
Arcillas 1:1 Caolinita	3 - 5	Ca, Mg, K, Al, Na
Haloisita	5 - 10	
Arcillas 2:1 Montmorillonita	80 - 120	Ca, Mg, H, K, Na
Vermiculita	100 - 150	
Ilita	20 - 50	Al, K, Ca, Mg, Na
Arcillas 2:2 Clorita	10 - 40	
Materia Orgánica	100 - 300	Mn, Ba, Ca, Mg, NH ₄ , K, Na

Fuente: Terra Latinoamérica⁵⁶

⁵⁵ Henríquez M., Pérez J., Casco J.M., Rodríguez O., Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de Amonio, Acetato de Sodio y Cloruro de Amonio. Bioagro, Universidad Centro occidental. Venezuela. 2005

⁵⁶ Lazara O; Ortega Sastriquez F; Morales M. Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de Vertisoles de la provincia Granma. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. 1998.

- Fosforo

El fosforo en el suelo se presenta de las formas orgánica e inorgánica, su disponibilidad en el suelo es regulada por procesos geoquímicos y biológicos que son de importancia para su mineralización⁵⁷. También se conoce como el menos móvil y de menor biodisponibilidad de los macronutrientes para las plantas, por esta razón se caracteriza por causar deficiencia nutricional en las producciones agrícolas al tener resistencia cuando un suelo es lavado⁵⁸.

En un análisis de suelo, el porcentaje de fosforo obtenido hace referencia al que está disponible para las plantas que está regulado por una serie de características ambientales, especialmente en la relación que hay entre la humedad del suelo y el aumento de fosfatos en el mismo, caso que ocurre cuando se tienen suelos con alta presencia de arcillas de color rojo arcilloso ricos en hierro (Fe) y aluminio (Al); favoreciendo de esta manera la presencia de fosforo en el suelo⁵⁹.

5.2. MARCO LEGAL

Hablar de porcicultura involucra una serie de aspectos legales que van desde la parte de seguridad alimentaria hasta la protección del medio ambiente debido a las prácticas de vertimiento de efluentes al suelo y agua. Para el caso puntual se describirá las normas relacionadas al tema de estudio y su relación con las actividades que se desarrollan.

En el ámbito ambiental se inicia con la Ley 23 de 1973 que considera en su art. 3 el aire, el agua y el suelo como bienes contaminables; luego en el Decreto Ley 2811 de 1974, art. 8, se entiende por contaminante cualquier elemento que produzca la degradación, la erosión y el revenimiento de suelos y tierras; en el art. 34, se establece el manejo de residuos, basuras y desperdicios a partir de los mejores métodos de acuerdo a los avances de la ciencia y la tecnología para la recolección, tratamiento y disposición final de los mismos; por su parte en el art. 35, se prohíbe descargar sin autorización los residuos, basuras y desperdicios, que deterioren los suelos; el art. 180, menciona que todas las personas que realicen actividades

⁵⁷ Fernández López C; Mendoza F; Vásquez S. Fracciones de fosforo en suelos de corrientes con producción citrícola, arrocera y pastoril. Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE- Sargento Cabral. Buenos Aires, Argentina. 2006.

⁵⁸ Berrocal Rosso E; Durango Petro J,M; Barrera Violeth J,L; Díaz Ponguta B. E

⁵⁹ Rojas C. Interpretación de la disponibilidad de fosforo en suelos de Chile. Centro Regional de Investigación INIA La Platina. Chile. 2008

agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos , están obligados a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación necesarias.

En el Decreto 1449 de 1977, en su art. 7, se establece que los propietarios de tierras están obligados a proteger los suelos mediante técnicas adecuadas que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación y revenimiento.

La ley 9 de 1979 dice en su art. 10, que todo vertimiento de residuos líquidos deberá someterse a los requisitos establecidos por el ministerio de Salud, en su art. 346, se establece los requerimientos para mataderos de ganado porcino; por igual en la Resolución 2400 de 1979, en el Título II, se habla de los inmuebles destinados a establecimientos de trabajo.

En el Decreto 948 de 1995, art. 2, define como olor ofensivo el generado por actividades o sustancias industriales que puede o no causar daño a la salud humana y en el art. 20 establece la prohibición en zonas urbanas del funcionamiento de establecimientos que generen olores ofensivos; estas normas permiten relacionar la afectación de la porcicultura al suelo que se considera como un patrimonio común de la Nación.

Por consiguiente, para el año 2005 a través de la resolución 1023, se establece en el art. 3 la creación de guías ambientales en el sector agrícola y pecuario encontramos la guía ambiental del subsector porcicola que rige desde el año 2002 como un instrumento de autogestión y autorregulación.

En el año 2007 por medio de la Resolución 2640 en su art. 8, se establece todo lo relacionado a los requisitos para las áreas e instalaciones de ganado porcino, en su art. 10, se habla específicamente sobre sanidad animal, en su art. 11 de bioseguridad y en el art. 14 la parte referente a los estándares de alimentación en ganado porcino.

En el decreto 3930 de 2010, en el art. 14, se estipula el uso de agua para la parte pecuaria, art. 28 establece la fijación de la norma del vertimiento e involucra al suelo. Dentro de toda la descripción de normas relacionadas a la actividad porcicola con respecto a la parte ambiental, también se establecen parámetros a nivel pecuario bajo los lineamientos del CONPES 3458 de 2007.

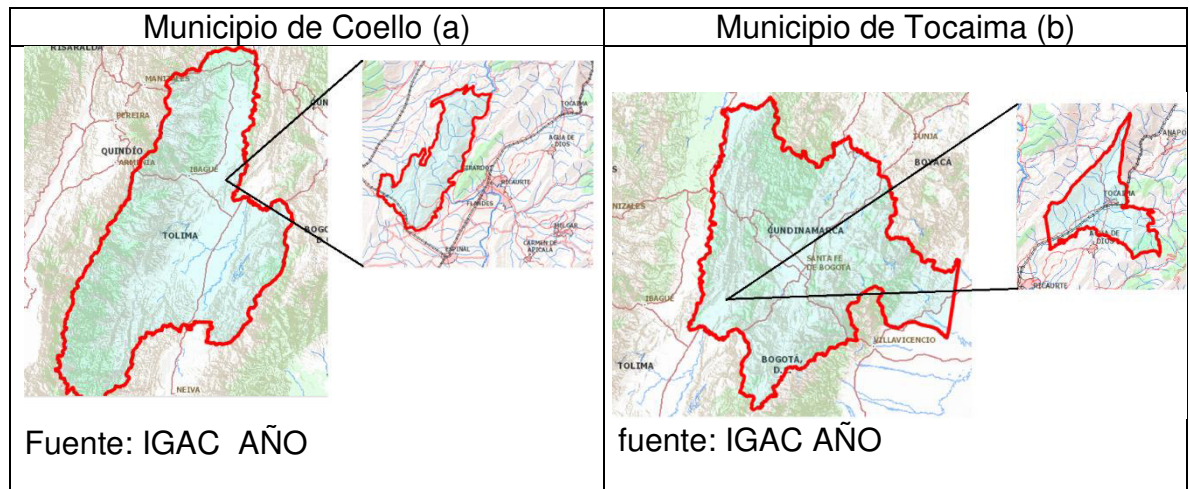
Según el decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.3.3.5.1. Toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente el respectivo permiso de vertimientos. Cabe aclarar que las granjas pertenecientes al estudio no cuentan con la gestión de este tipo de permiso.

5.3. MARCO METODOLÓGICO

5.3.1. Localización del estudio.

La investigación fue realizada en un periodo de tiempo comprendido entre los años 2015 y 2016, caracterizado por épocas de sequía; se desarrolló en los municipios de Coello (Tolima) localizada sobre las coordenadas geográficas en los 4° 17' de latitud Norte y los 74° 54' de longitud al Oeste de Greenwich a una altitud de 329 msnm, con una precipitación promedio de 1.234,1 mm, una temperatura promedio de 28,01°C y una humedad relativa promedio de 66%. y en el municipio de Tocaima (Cundinamarca) localizadas en las coordenadas geográficas 4° 26" de Latitud Norte y a 74° 38" de Longitud Oeste, a una altitud de 400 msnm, con una precipitación promedio de 1.051,1 mm, una temperatura promedio de 28°C y una humedad relativa de 67%.(Ver cuadro 10). Cabe aclarar que cada granja del estudio posee su ubicación geográfica específica como se observa en el cuadro 11.

Cuadro 10. Localización zonas de estudio



Cuadro 11. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.

Municipio	Granjas	Ubicación geográfica
Coello	Loro	4° 18' 24,3" N 74° 52' 40,5" W
Tocaima	Naranjillo	4° 26' 56,7" N 74° 39' 47,7" W
	Progreso	4° 28' 12,1" N 74° 38' 0,83" W
	Santa Rosa	4° 29' 38,8" N 74° 40' 15" W
	Toscana	4° 27' 48,8" N 74° 41' 01,8" W

Las actividades predominantes en estos municipios son la agricultura (frutales, pastos y sorgo) y la pecuaria (ganadería y porcicultura); actualmente este tipo de actividades se ven influenciadas por el deterioro de los terrenos (erosión y pérdida de cubierta vegetal) y la competitividad comercial.

5.3.2. Enfoque de investigación: La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque de investigación Mixto basado en un método cualitativo y cuantitativo donde se realiza una descripción de los sistemas de producción de las granjas de estudio y un método cuantitativo donde se recolecto, analizo y vinculo los datos obtenidos de la medición de parámetros físico – químicos.

5.3.3 Tipo de estudio: Es descriptivo y de corte transversal porque se determinaron las características físico-químicas del suelo afectado y no afectado durante un periodo de tiempo, baja la influencia de los vertimientos de efluentes porcícolas al suelo.

5.3.4 población: En el municipio de Coello hay una totalidad de 75 granjas porcícolas entre tecnificadas y tradicionales; por su lado en el municipio de Tocaima se registran 90 granjas porcícolas pertenecientes a sistemas tecnificados y tradicionales. Para el presente estudio se establecieron criterios de inclusión avalados por la asociación nacional de porcícolos, con el fin de la selección de la muestra cómo se ven a continuación:

* Las granjas deben cumplir con unos estándares de Bienestar Animal (Sanidad Animal, Infraestructura y plan de vacunación).

- * Las granjas deben cumplir con los estándares de Bioseguridad (Señalización, asistencia médica, elementos de protección personal y zona perimetral)

- * Las granjas deben cumplir con unos estándares de Alimentación adecuada al sistema de producción.

- * Las granjas superen un tiempo de producción mayor a un año.

- * Las granjas presente algún tipo alteración ambiental (incidencia en la vegetación, cambio en la apariencia del suelo y detección de olores ofensivos).

- * Las granjas utilicen los efluentes porcícolas en un sistema de riego.

5.3.5 Muestra.

Las unidades de estudio correspondieron a cinco granjas (5) que fueron seleccionadas mediante un muestreo al azar según los criterios de inclusiones establecidos por los investigadores nombrados anteriormente.

5.3.6 Técnicas e instrumentos.

En la fase documental se usó una ficha de consulta donde se recopilaron las ideas principales de las diferentes fuentes de información (artículos, libros, revistas, documentos, entre otros) (ver Anexo A).

En la fase de campo se utilizó una matriz de reconocimiento de los sistemas de producción por granja (método cualitativo) (ver Anexo B).

En la fase de laboratorio se manejaron protocolos en la determinación de los parámetros físico – químicos presentes en las muestras (ver Anexo C).

Por último se diseñó una ficha técnica para generar un diagnóstico ambiental por granja basado en los resultados del estudio dirigido al porcicultor y verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

5.3.6 FASES DEL ESTUDIO.

5.3.6.1 FASE DOCUMENTAL

Se hizo la revisión de literatura científica y técnica de documentos relacionados con la producción mundial, nacional, departamental y local de cerdos considerando los diferentes criterios que se tienen en cuenta para los sistemas de producción y los tratamientos que se le han atribuido a estos sistemas para el manejo de los residuos orgánicos y su influencia en el deterioro de suelos agrícolas.

5.3.6.2. FASE DE CAMPO

Se realizó el reconocimiento del área de estudio (Visita de observación del sistema de producción geo referenciada); análisis de aspectos de clasificación de las granjas (Alimentación, Bienestar Animal y Bioseguridad), esto se desarrolló a partir de una matriz de reconocimiento (Anexo B), con el fin de clasificar las granjas en Tecnificadas o Tradicionales según las características presentadas. La selección de puntos de muestreo se dio de la siguiente manera:

Se definieron dos zonas en cada granja: Una hace referencia a la zona de afectación (ZA) y otra relacionada con la zona de no afectación (ZNA)

En primer lugar se definieron dos (2) zonas de estudio; la primera identificada como zona de afectación (ZA) y la segunda como zona de no afectación (ZNA), en la zona de afectación se tomaron 3 muestras puntuales⁶⁰ de forma aleatoria cada una equivalente de 1 kg en un área de 225 m²; el primer punto fue tomado donde cae el efluente directo, el segundo punto donde ha ocurrido un proceso de escorrentía y el tercer punto en una distancia equidistante a los dos primeros dentro del área total establecida, la selección de esta zona se hace teniendo en cuenta que el vertimiento del efluente porcícola lleve más de 6 meses y sea repetitivo; con respecto a la zona de no afectación se tomó una muestra compuesta⁶¹ de 1 Kg conformada por 10 submuestras en un área de 225 m².

La representación de los puntos de muestreo se realiza con el programa sketchup maker 2016 (Anexo D), identificando las zonas de muestreo, al igual que las actividades complementarias de la granja.

Las muestras fueron tomadas en el mes de mayo de 2016, basadas en la guía de muestras de suelos del Ministerio de Ambiente⁶² y la guía para el muestreo de la

⁶⁰ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; Técnicas de Toma y Remisión de Muestras de suelos, Estación experimental agropecuaria Cerro Azul, 2010.

⁶¹ Ministerio de Ambiente; Guía para muestreo de suelos; Dirección General de Calidad Ambiental, 2014.

⁶² Ministerio de Medio Ambiente., Guía para Muestras de Suelo., Estándares de Calidad Ambiental para suelos (ECA).Dirección General de Calidad Ambiental., Perú., 2014.

Universidad Nacional de Colombia⁶³; en las zonas de estudio (ZA y ZNA) se trabajó bajo un tipo de muestra de identificación (MI) y una técnica de muestreo estadístico-aleatorio.

Posteriormente se empacaron las muestras (1 Kg* muestra) con su respectivo etiquetado⁶⁴ en bolsas Ziploc de cerrado hermético, se almacenaron en un contenedor a una temperatura no mayor a 20°C por 8 días; luego fueron transportadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Cundinamarca, Sede Fusagasugá para realizar el secado de las muestras a una temperatura de 64°C por 72 horas (3 días) en un Horno de secado Binder GmbH⁶⁵, se dejaron por 2 días reposar; luego se tamizaron en un tamiz manual de 2 mm⁶⁶ para posteriormente almacenar 200 gr de las mismas en una bolsa Ziploc hermética rotulada bajo los códigos de muestreo (cuadro 12); para el respectivo análisis, como se puede observar en el registro fotografico (ver Anexo E).

Cuadro 12. Códigos de Muestreo

Nombre fincas	Código*
PT (Punto Toscana)	P ₁ T
	P ₂ T
	P ₃ T
	P ₄ T
PP (Punto Progreso)	P ₁ P
	P ₂ P
	P ₃ P
	P ₄ P
PS (Punto Santa Rosa)	P ₁ S
	P ₂ S
	P ₃ S
	P ₄ S
PL (Punto el Loro)	P ₁ L
	P ₂ L
	P ₃ L
	P ₄ L
PN (Punto Naranjillos)	P ₁ N
	P ₂ N
	P ₃ N
	P ₄ N

*los códigos específicos son la representación de los 4 puntos de muestreo por granja.

⁶³ Universidad Nacional de Colombia., Guía para el muestreo., Laboratorio de Suelos., Sede Medellín., 2014.

⁶⁴ INECC-CCA., Guía para elaborar planes de Muestreo representativos. México., p.43., 2010.

⁶⁵ Zagal E., Sadzawka A., Protocolo de Métodos de Análisis para suelos y lodos., Universidad de Concepción., Facultad de Agronomía., Chile., 2007.

⁶⁶ International estándar ISO 3310-2., 2013.

5.3.6.3. FASE DE LABORATORIO:

Consistió en el análisis de laboratorio:

Luego de preparar las muestras se realizaron los 8 análisis establecidos en el estudio bajo los respectivos protocolos, para determinar pH (método de electrodo-pH metro), textura por el método de Bouyoucos, Conductividad eléctrica (Método electrométrico), Capacidad de Intercambio Catiónico (Método Cloruro de Bario y sulfato de Magnesio), % Carbono orgánico y % de materia orgánica (Método modificado de Walkley Black), Color por el Código Munsell, Humedad (método de diferencias volumétricas) y Fosforo Disponible (Método BRAY II), como se muestran en la compilación de tablas de resultados (ver Anexo F).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Caracterización de las granjas porcinas

El cuadro 13 y 14 muestra la clasificación de las granjas porcinas según la guía del subsector porcino, bajo los parámetros de Bienestar Animal, Bioseguridad y Alimentación; las Fincas del Loro y La Toscana cumplen con las características básicas como son: infraestructura apropiada, sanidad, asistencia veterinaria, elementos de protección personal y una alimentación balanceada, categorizándolas como granjas porcinas tecnificadas; caso contrario ocurre con las Fincas Naranjillo, El Progreso y Santa Rosa, que presentan ausencia de asistencia veterinaria, infraestructura y que basan la alimentación animal en una combinación entre concentrado y comida secundaria, categorizándolas en granjas tradicionales.

A nivel ambiental se analiza que el tratamiento de los residuos en las zonas de estudio está encaminado a la parte líquida mediante sistemas de aprovechamiento de residuos orgánicos (biodigestor y pozo séptico); pero que no cumplen con los lineamientos acerca de la normatividad ambiental sobre vertimientos estipulada en el Decreto 1076 de 2015 y mucho menos con un permiso de vertimientos.

A nivel general se considera que las zonas de estudio aún están en el proceso del cumplimiento de los estándares avalados por la asociación nacional de porcicultores y las entidades de autoridad ambiental.

Cuadro 13. Caracterización de granjas porcinas

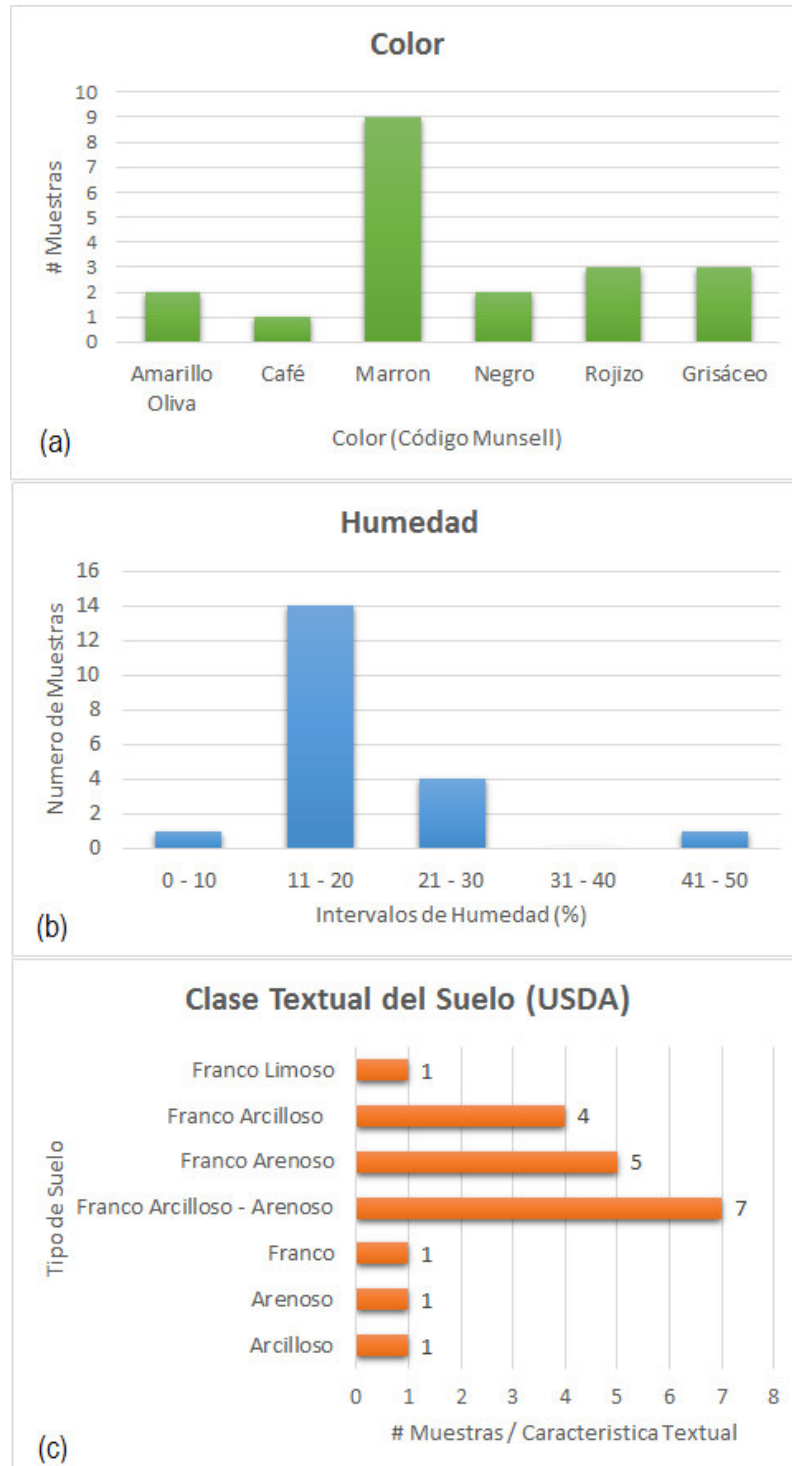
Granjas	Área (m ²)	Ubicación geográfica	Tiempo (meses)	Bienestar Animal		Bioseguridad					Alimentación		
				Sanidad	Infraestructura Adecuada	Veterinario	Señalización	Vacunación	E.P.P	Desinfección	Concentrado	Forraje	Comida secundaria
Loro	502,5	4° 18' 24,3" N 74° 52' 40,5" W	18		X	X	X	X	X	X	X	X	
Naranjillo	160	4° 26' 56,7" N 74° 39' 47,7" W	180	X				X			X		X
Progreso	273	4° 28' 12,1" N 74° 38' 0,83" W	120	X				X			X		X
Santa Rosa	140	4° 29' 38,8" N 74° 40' 15" W	60	X			X	X			X		
Toscana	150	4° 27' 48,8" N 74° 41' 01,8" W	12	X	X	X	X	X	X		X		

Cuadro 14. Caracterización de granjas porcinas (continuación)

Granjas	Sistemas agropecuarios			Producción porcina		Sistema de producción			Sistema de Comercialización		Sistema de tratamiento	
	Cultivos	Especies menores	Especies mayores	Actual	Maxima	Cría	Levante y ceba	Ciclo completo	Flujo continuo	Flujo adentro - afuera	Efluente Líquido	Efluente Sólido
Loro	X	X	X	96	153	X	X	X	X			X
Naranjillo		X		40	60		X			X	X	
Progreso	X	X		30	50	X	X	X	X		X	
Santa Rosa	X	X	X	30	45		X			X	X	
Toscana	X	X	X	71	100		X			X	X	

6.2 Parámetros físicos generales

Figura 4. Análisis de parámetros físicos de las zonas de estudio



En la figura 4, se muestra la variación de los parámetros físicos analizados en los diferentes puntos de muestreo; en la Grafica a, perteneciente al color se evidencia que la mayoría de las muestras de suelo analizadas presentan un color marrón, indicando mayor captación y retención de energía⁶⁷, al igual que la presencia de yeso en combinación con agua⁶⁸, además se presentan colores como el amarillo oliva con baja fertilidad debido a óxidos de hierro que han reaccionado con agua dando la característica de terrenos mal drenados; grisáceos donde se presentan deficiencias de hierro y excesos de sales alcalinas (CaCO₃); negros con alto contenido de materia orgánica y buena fertilidad; rojizos donde contienen proporción de óxidos de hierro con baja humedad y contiene minerales no disponibles para las plantas⁶⁹. A nivel general las zonas de estudio se catalogan por tener suelos de baja fertilidad.

En la Grafica b, se analiza el porcentaje de humedad en los puntos de muestreo donde esta no supera el 50%; 14 puntos de muestreo presentan una humedad entre el 11 y 20 %, 4 de 21 a 30%, 1 de 0 a 10% y 1 de 40 a 50%, este comportamiento obedece según A. Ceballos Barbancho⁷⁰ a las bajas precipitaciones presentadas en la zona de estudio, como también lo afirma el documento Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible, emitido por la FAO, donde se estima que “el agua del suelo limita la producción de los cultivos en aproximadamente tres cuartas partes de los suelos cultivables del mundo y es el principal factor responsable de los bajos rendimientos en las temporadas secas y en los trópicos y subtrópicos semiáridos. Especialmente en las zonas agroecológicas tropicales y subtropicales con lluvias limitadas, irregulares o marcadamente estacionales, donde las precipitaciones anuales oscilan entre 400 y 1 000 mm⁷¹; rangos que presentan las zonas de estudio.

En las Grafica c, se observan las clases textuales del suelo establecidas por la FAO; donde se observan 7 suelos franco arcilloso – arenosos, que por sus características tienen pocos limos permitiendo poca retención de agua y nutrientes⁷², 5 franco arenoso que se identifican por la habilidad de retener nutrientes⁷³, 4 franco –

⁶⁷ Núñez Solís J. Manual de Laboratorio de Edafología. Universidad Estatal a distancia. Costa Rica 2006. p 112.

⁶⁸ Moreno Ramón H. El Color del Suelo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. 2008.

⁶⁹ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El Suelo: Un elemento olvidado. TUNZA. La revista del PNUMA para los jóvenes. España. 2010.

⁷⁰ Barbancho Ceballos A. Comportamiento de la Humedad del suelo en una pequeña cuenca hidrográfica de la Dehesa Extremeña (Guadalperalon, Cáceres). Departamento de geografía y ordenamiento territorial. México. 1998.

⁷¹ FAO. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Manejo de la humedad del suelo. 2010.

⁷² Ochoa Guido R; Malangón D; Oballos J. Influencia del material parental y del bioclima en la pedogenesis de la cuenca media y alta del Rio Motatán. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela. 2008

⁷³ Mateus Francisco J; Maire Cristian R. Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. Universidad de Talca. Talca, Chile. 1998.

arcilloso, se caracteriza por su gran porcentaje de arcillas presentes y suelen ser suelos compactados por la intervención antrópica⁷⁴, 1 franco – limoso, son suelos producto del transporte de sedimentos que presentan moderada fertilidad⁷⁵, 1 arenoso, se caracteriza por no retener agua ya que tiene gran capacidad de infiltración por el tamaño de sus partículas, este tipo de suelos se consideran secos de baja productividad⁷⁶, 1 arcilloso, se caracterizan por ser pesados con potencial de erosión con necesidad de sistemas de drenaje suplementarios y 1 un franco, se caracteriza por tener unas condiciones neutrales que permiten la adecuada retención de nutrientes y un potencial de humedad mayor.

6.3 Parámetros químicos generales

En la figura 5 se presenta los resultados de los parámetros químicos a nivel general estableciendo una relación entre áreas de estudio con el fin de analizar el comportamiento de las propiedades químicas que se analizaron en el presente estudio, mostrados en las tablas de resultados (ver Anexo F).

A nivel de fósforo (Grafica a), se observa un incremento en los puntos pertenecientes a la finca Santa Rosa y la finca Naranjillo, alcanzando un rango entre 400 ppm y 600 ppm; los niveles inferiores se registraron en la finca la Toscana con valores que no superan las 100 ppm, estos valores siendo referenciados a nivel teórico lo que no sucede con los valores iniciales. En el caso de MO y CO (Grafica b), se observa los mayores porcentajes en las fincas la Toscana y la finca Santa Rosa con valores de entre el 10 y 18 %; los menores porcentajes fueron encontrados en la finca el Progreso seguida por la finca Naranjillos con porcentajes que no superan el 5%. En el caso de nitrógeno (Grafica c) los mayores picos se presentan en puntos de muestreo de ZA de la finca Santa Rosa y ZNA de la finca la Toscana, como se analizara más adelante.

A nivel de conductividad (Grafica d) y capacidad de intercambio catiónico (Grafica e), la mayor representación se evidencia en la finca el Progreso, Santa Rosa y Naranjillo en el caso de CE; la finca Toscana y Santa Rosa para la CIC, debido a la representación de los demás parámetros que intervienen en la movilidad de los nutrientes en el suelo como: textura, pH y humedad.

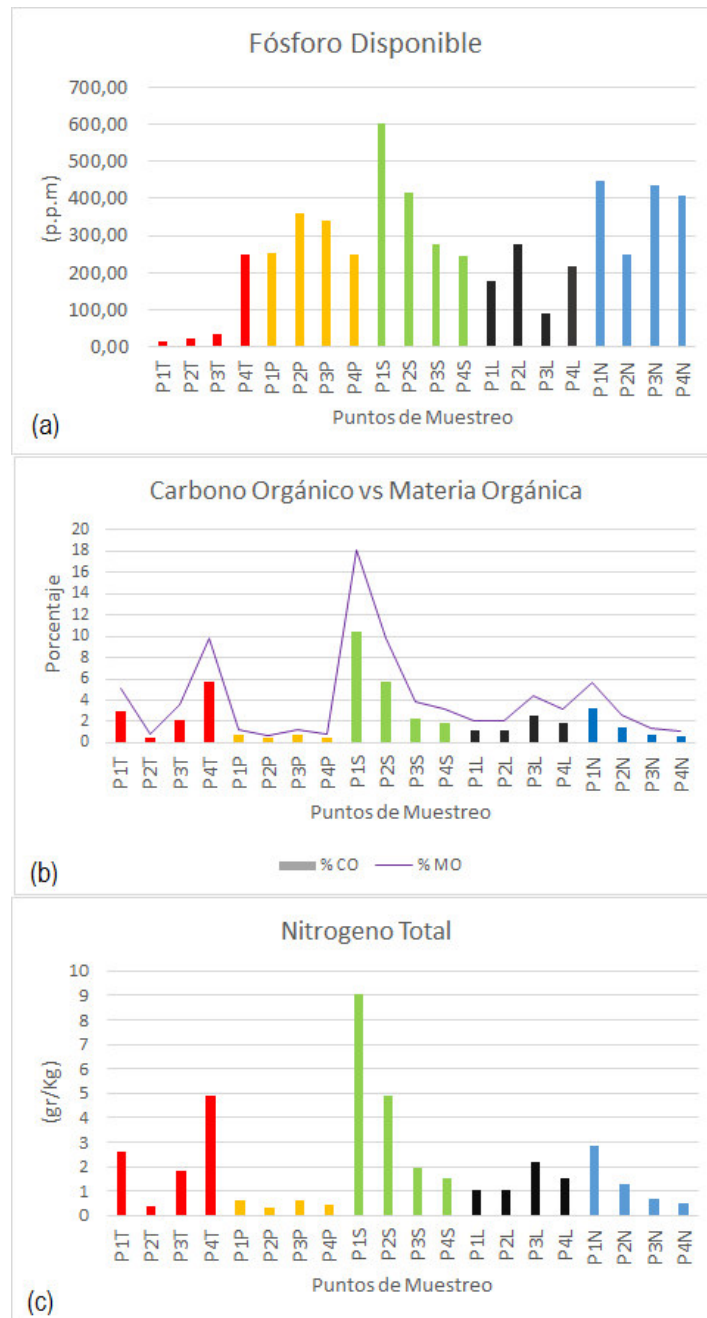
⁷⁴ Molina Demuner G; Cadena Zapata M; Magaña Campos G. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenvista, Mexico. 2013.

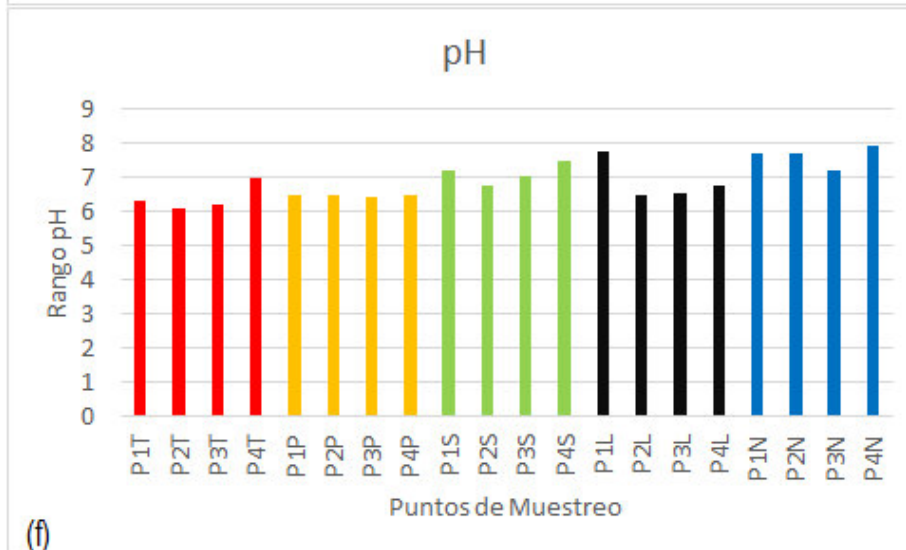
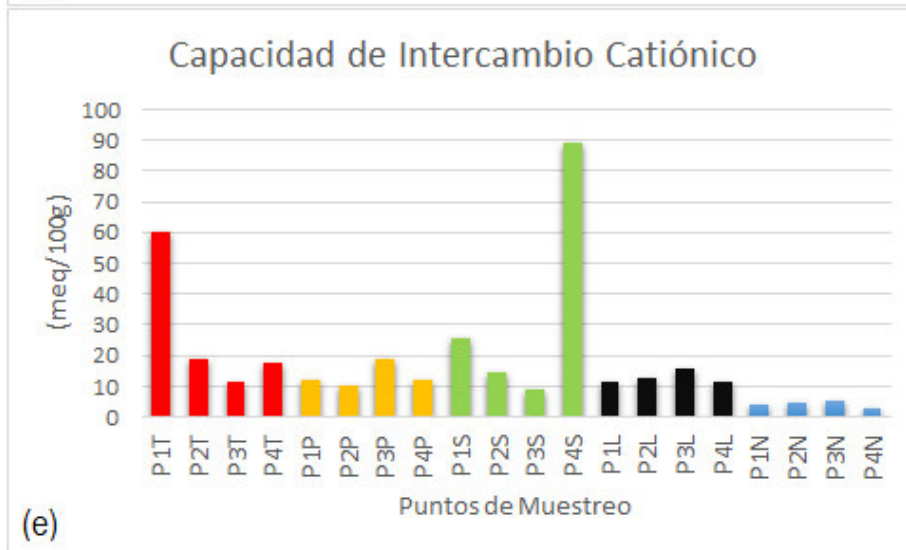
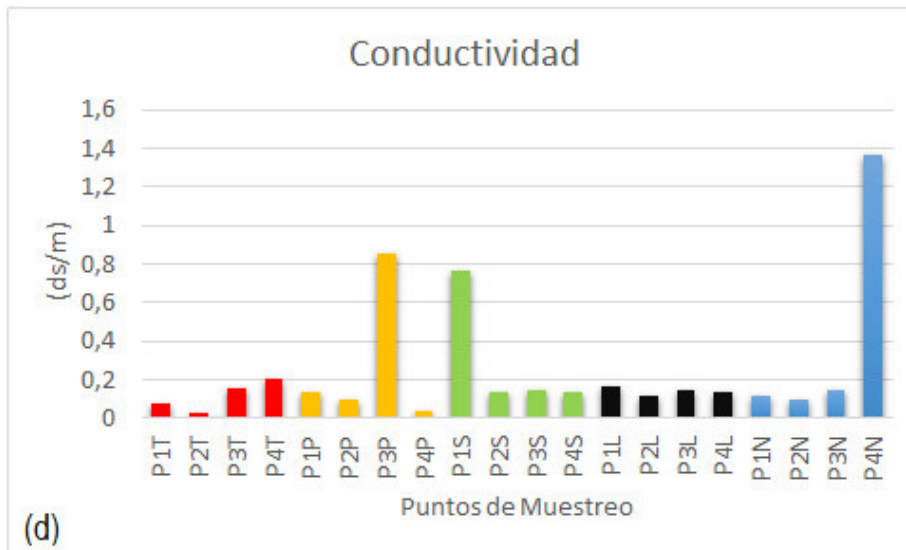
⁷⁵ Alvarez C; Torres M; Chamorro E; Ambrosio D; Taboada M. Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: Efecto sobre las propiedades edáficas y los cultivos. Ciencia del suelo. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 2009.

⁷⁶ Bereta A; Silbermann A; Paladino L; Torres D; Bassahun D; Musselli R. Análisis de textura de suelo con hidrómetro: Modificaciones al método de Bouyoucos. Instituto nacional de investigación agropecuaria. Colonia, Uruguay. 2014.

A partir del pH (Grafica f) se presentan suelos alcalinos (Santa Rosa, el Loro y Naranjillo), neutros (Santa Rosa, el Progreso, el Loro y la Toscana) y suelos ligeramente ácidos (el Progreso), con rangos que van desde el 6.0 a 7.9.

Figura 5. Análisis de parámetros químicos de la zona de estudio





6.3.1 Parámetros químicos específicos. En la Figura 6 se analiza los parámetros químicos de la zona de estudio de la Finca La Toscana (T), contemplada a partir de zonas de afectación (ZA) que incluye los puntos de muestreo (P1T, P2T Y P3T) y una zona de no afectación (ZNA) representada en el punto de muestreo (P4T).

Este análisis se basa en una confrontación de la ZA y la ZNA. En la Grafica (a) se presenta los resultados correspondientes a pH, dándose un rango de pH de 6,1 a 6,3 en la ZA que según el ICA son clasificados como ligeramente ácidos con una adecuada disponibilidad de nutrientes, en el caso de la ZNA se encuentra un suelo neutro con adecuada disponibilidad de nutrientes, dándose una diferencia no significativa; en la Grafica (b) se presenta el contenido (%) de materia orgánica y carbono orgánico en la ZA y la ZNA, este parámetro tiene una relación directa con el color que presente el suelo, en tonos más oscuros hay mayor porcentaje de materia orgánica⁷⁷, se observa la relación directa entre M.O y C.O, donde para la ZA se da un rango de 0,7 a 5,1 y 0,4 a 3,0 respectivamente y la ZNA presenta un porcentaje de 9,8 y 5,7 respectivamente; observando que la ZA tiene una disminución considerable con respecto a la ZNA, que se le atribuye al contacto directo con efluentes porcícolas que han pasado por un tratamiento de pozo séptico.

En la Grafica (c) se muestra el nitrógeno total en las ZA dándose rangos de 0,3 a 2,5 gr/Kg de nitrógeno considerándose suelos de no toxicidad según la guía del subsector porcícola; caso contrario en la ZNA que presenta una elevada cantidad de nitrógeno de 4,9 gr/Kg, considerado como un suelo tóxico, esta situación se presenta debido a la presencia de otro sistema agropecuario; no encontrándose relación con la práctica porcícola por motivos de arado de la tierra y presencia de gramíneas⁷⁸. Siguiendo con el análisis en la Grafica (d) se presenta la capacidad o habilidad que tienen los suelos para retener nutrientes, donde en la ZA específicamente en el P1T presenta un nivel de 60 meq/100gr con tendencia a la retención de Al que inhibe el crecimiento de las plantas aumentando la toxicidad del suelo⁷⁹, este factor es predominante porque este punto de muestreo obedece a la aplicación directa del efluente porcícola, puesto que en los otros puntos el riego es por procesos de infiltración, en comparación con los demás puntos de muestreo tanto en esta zona como en la ZNA que solo presenta un nivel de 17,6 meq/100gr

⁷⁷ Rozas Sainz H; Echeverría H; Angelini H. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región Pampeana y ExtraPampeana Argentina. Informaciones agronómicas N°2. Consejo nacional de investigaciones científicas y técnicas (CONICET) Balcarce, Argentina. 2008.

⁷⁸ Paredes MC. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo final de ingeniería en producción agropecuaria. Universidad Católica. Argentina. 2013.

⁷⁹ Posada Casierra F; Avendaño Aguilar O. Estrés por Aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 1- N° 2. Boyacá, Colombia. P.p 246-257. 2007.

encontrándose mayor tendencia a la retención de manganeso como agente facilitador en el proceso de fotosíntesis de las plantas⁸⁰.

En la Grafica (e), se observa la cantidad de fósforo disponible en las muestras de suelo; distinguiendo que los niveles de fósforo en los puntos P1T, P2T y P3T son mucho menores a las ppm encontradas en el punto P4T, considerando que la ZA mantiene un rango entre 0-50 ppm (mg/Kg) de fósforo disponible a diferencia de la ZNA con 250 ppm; esta diferencia significativa se le puede atribuir al sistema agropecuario presente⁸¹ que incide en la disponibilidad de fósforo en el suelo, cabe resaltar que esta granja es la que presenta las menores ppm de fósforo disponible.

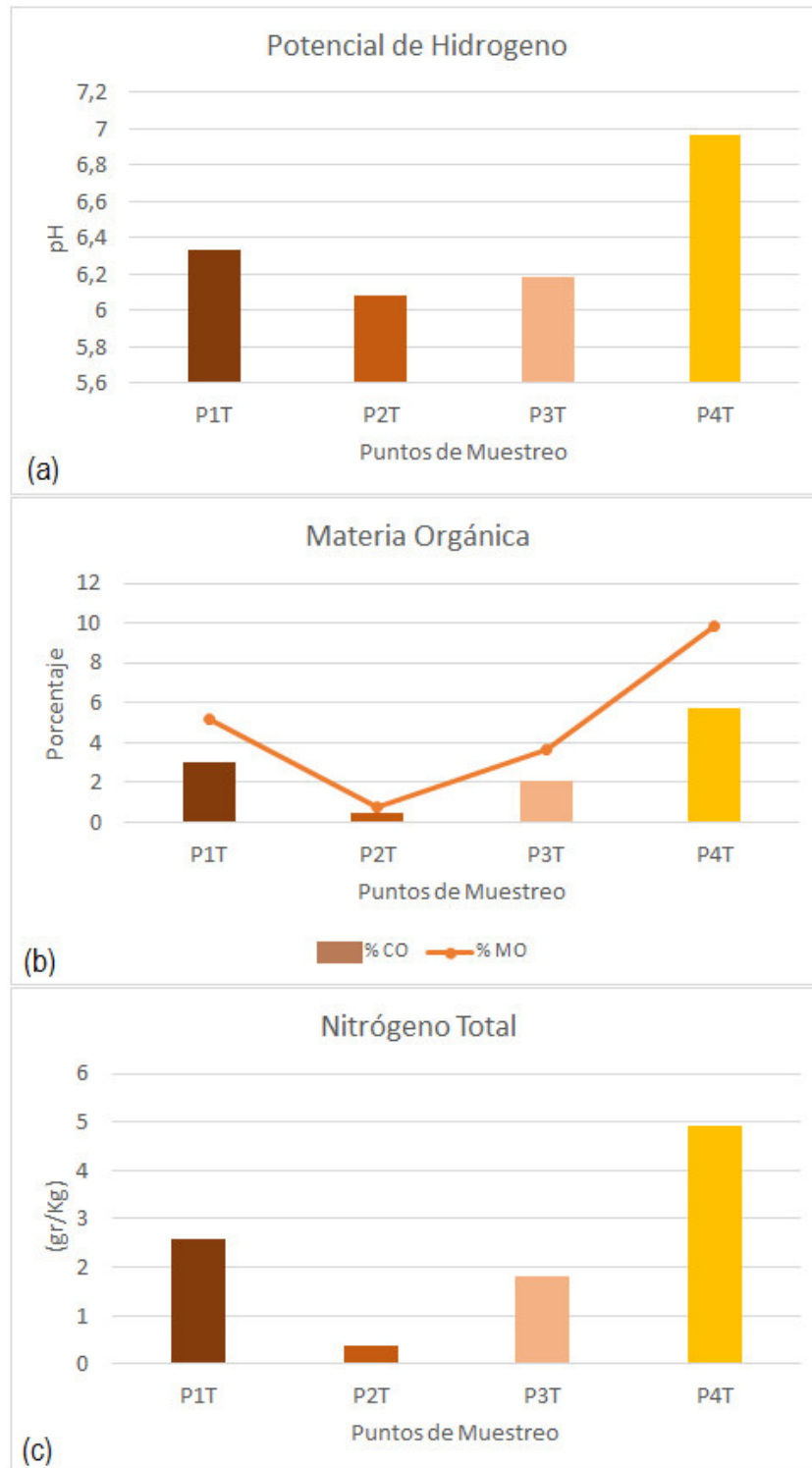
Para la finca la Toscana como se evidencia en la Grafica (f), los valores de conductividad tienen variaciones de un punto a otro; pero enalteciendo la ZNA como el punto de mayor C.E con 0,2 dS/m que lo clasifica como un suelo no salino al igual que la ZA; pero con rangos de CE que oscilan entre los 0. 02 A 0,15 dS/m, concluyendo la ausencia de porcentajes altos de sales; se debe tener en cuenta que la CE está asociada a los demás parámetros físico químicos⁸² que en este caso para la Finca la Toscana fueron similares los resultados mostrando menores concentraciones en la ZA y mayores en la ZNA; exceptuando la CIC que fue inversa a los demás resultados.

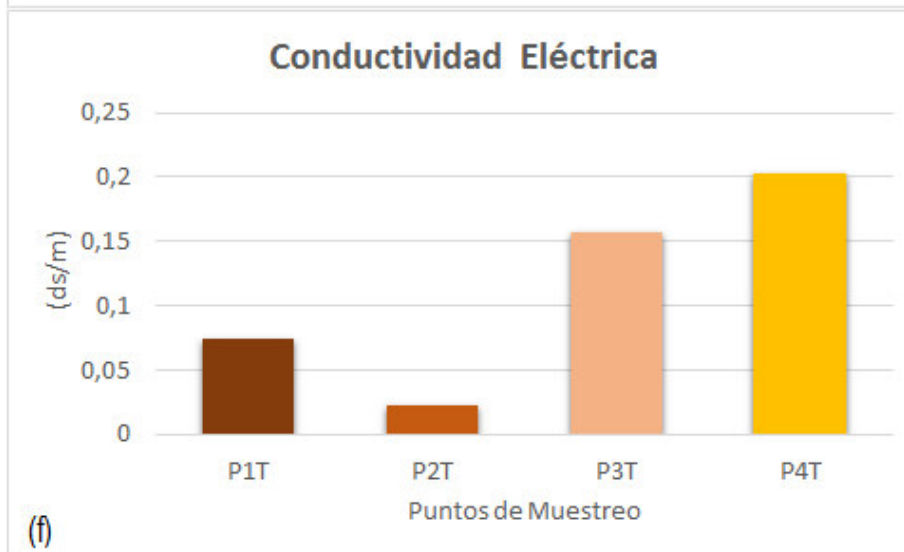
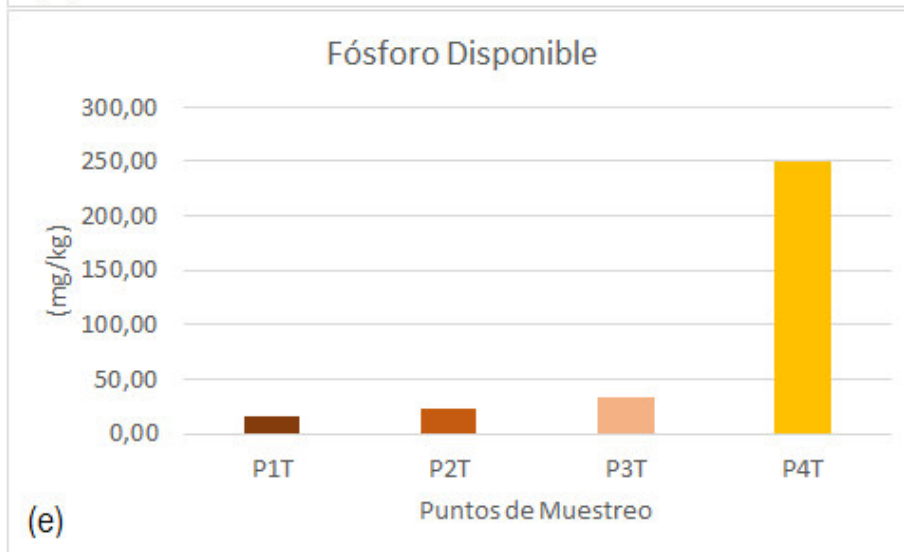
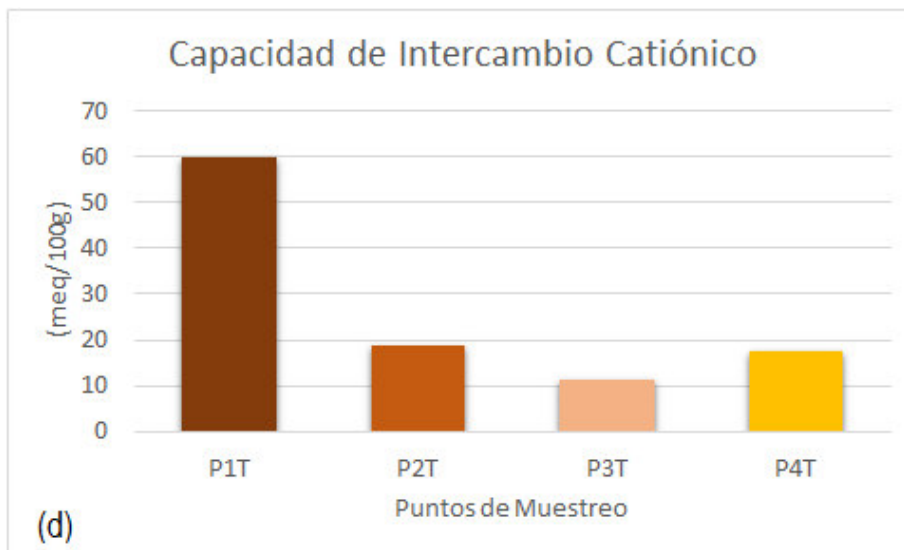
⁸⁰ Gómez M; Sotes V. El Manganeso y la Viticultura: Una Revisión. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España. 2014.

⁸¹ Fernández López C., Vásquez S., Dalurzo H., Morales L.A. Índice de disponibilidad del fósforo proveniente del fertilizante en suelos de la provincia de Misiones, Argentina. Universidad Nacional del noroeste. Agricultura técnica. Argentina. 2001

⁸² Simón M., Peralta N., Costa J.L. Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. Universidad Nacional del Mar de plata, Ciencia del Suelo. Argentina. 2013

Figura 6. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca La Toscana (T)





La finca el Progreso presenta un sistema de tratamiento de los efluentes porcícolas basado en un biodigestor, donde el residuo es vertido a la zona circundante al sistema (cultivable hace 10 años) y que a simple vista presenta erosión laminar. Por esta razón se estiman ciertos parámetros físico químicos analizando la variación en la ZA con respecto a una ZNA como se describe a continuación (ver Figura 7):

En la Grafica (a), se observa que tanto la ZA como la ZNA mantienen un rango de pH entre 6,1 y 6,5 caracterizando este suelo como ligeramente ácido según el ICA, permitiendo una apta disponibilidad de nutrientes. Grafica (b) muestra el % de MO y CO presente en las muestras de suelo, donde la ZA tiene un rango de % entre 0-7 de CO superiores a la ZNA con un 0,5 % con estrecha relación entre los porcentajes de materia orgánica que no superan el 1,5%; estas cifras son devastadoras si se atiende a que es casi nula la presencia de estos elementos en el suelo y de ahí la razón de presentar inicios de erosión, además se debe resaltar que a nivel de estos dos parámetros la finca el progreso es la de menor porcentaje. Esta situación se atribuye al vertimiento diario que se hace del efluente porcícola, que actúa como factor de erosión, en este caso al no haber presencia de material vegetal la asimilación de la carga contaminante de los efluentes porcícolas no se da, exponiendo el suelo a la degradación.

En la Grafica (c), se observa la cantidad de Nitrógeno Total que poseen las muestras, los niveles son bajos con respecto a factores de contaminación ya que se presenta un rango de 0.3 a 0.6 g/Kg en la ZA y un 0.4 g/ Kg en la ZNA esto está directamente relacionado con el bajo porcentaje de MO y CO presente en la muestra a causa del deterioro del suelo.

La Grafica (d), hace un análisis entre la CIC entre la ZA y la ZNA; en la ZA se presenta una CIC en un rango de 12- 19 meq/100 g entre los P1P, P2P y P3P, siendo el P3P el de mayor CIC, en la ZNA se tiene una CIC de 12,2 meq/100 g que según la USDA hacen referencia a la capacidad de retener más fácilmente los micronutrientes con déficit de macronutrientes⁸³. La Grafica (e), muestra el contenido de Fosforo disponible que en la ZA que varía entre un rango de 250- 350 ppm en comparación con la ZNA con un valor de 250 ppm; se puede evidenciar que los valores son respectivamente altos y que en comparación con otra literatura no se ha encontrado esta relación tan elevada; esto se le atribuye al aporte diario que hace el vertimiento del efluente porcícola en el suelo, como "práctica de fertilización"⁸⁴.

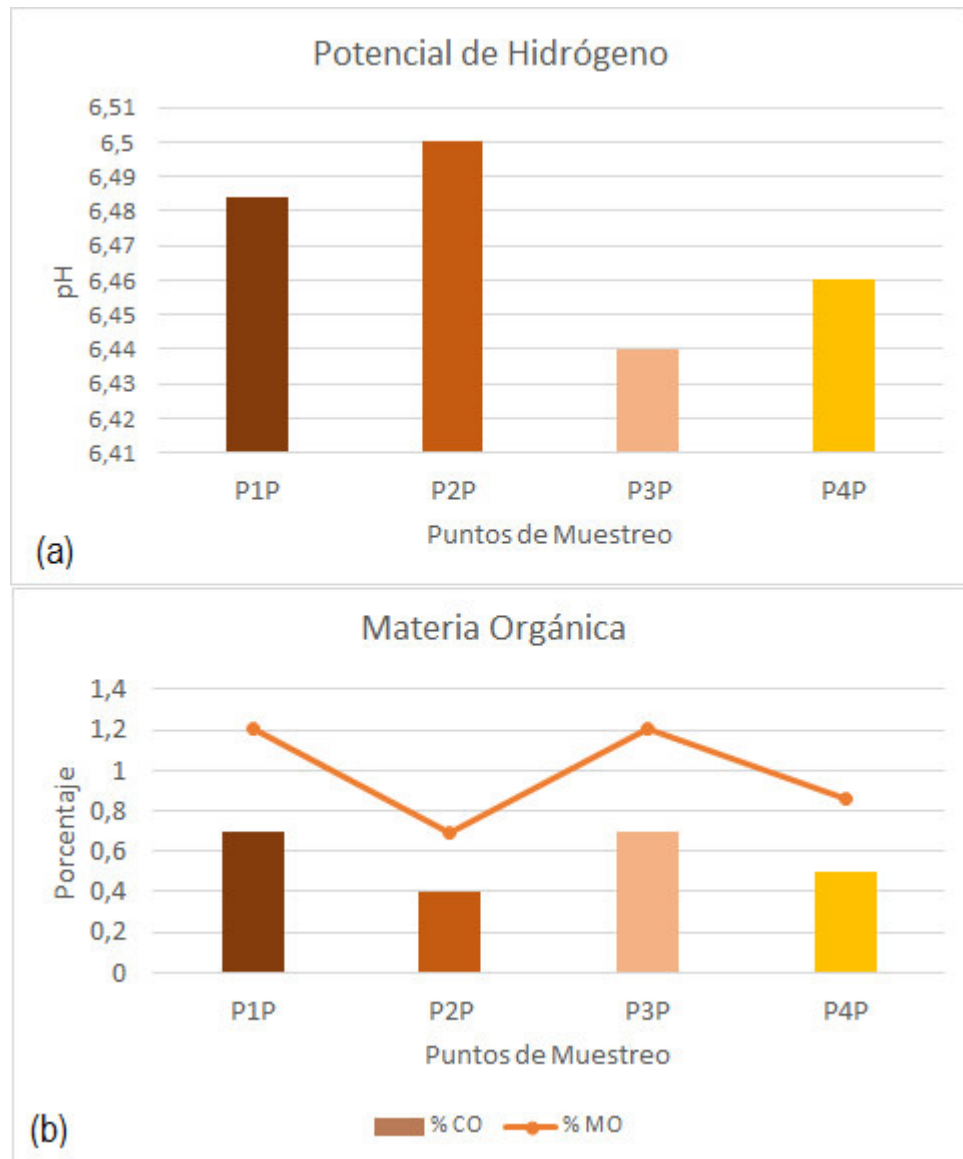
Por último la Grafica (f), relaciona la conductividad eléctrica entre la ZA y ZNA; con un punto significativo en la ZA (P3P), con una CE de 0.8 dS/m que aunque clasifica

⁸³ Abadía A., Eleizalbe L., Heras L., Montañes L. Comparación de dos métodos para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos calizos. Zaragoza. 1980

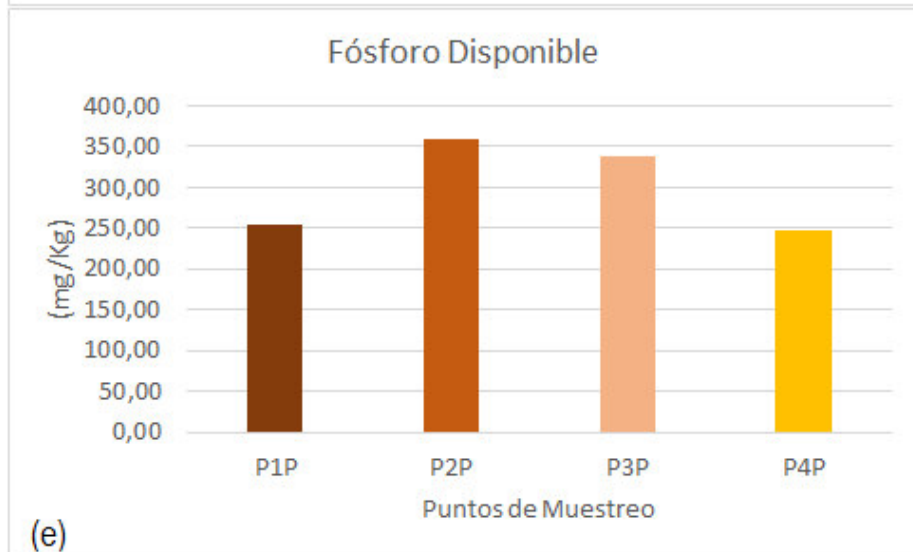
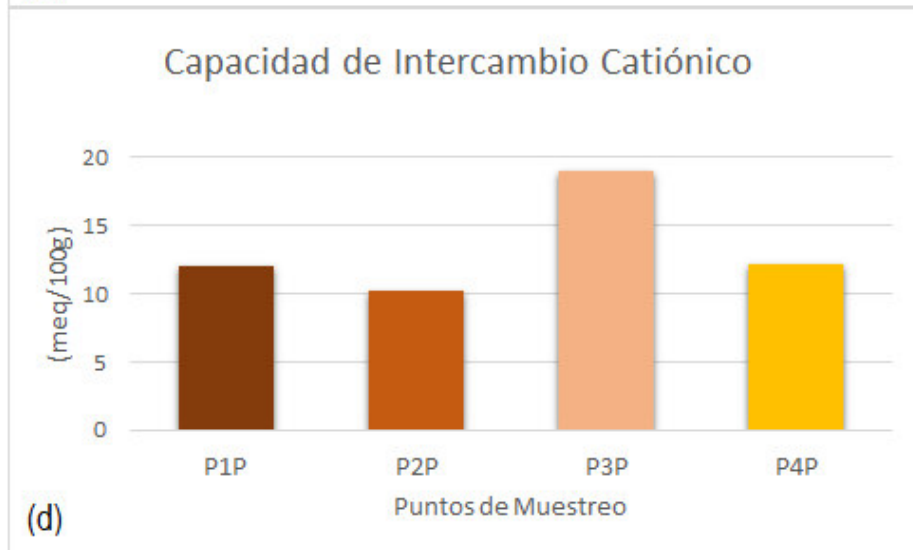
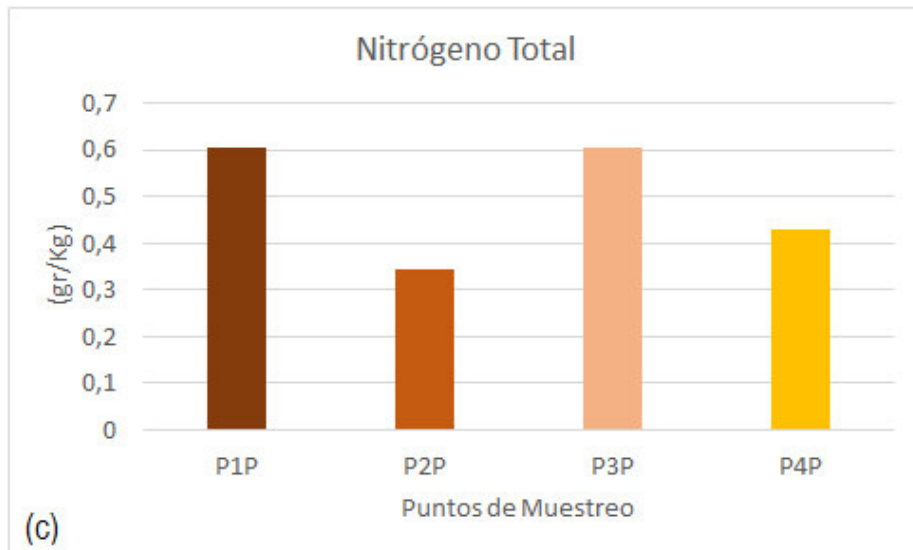
⁸⁴ Mariscal G. Tratamiento excretas cerdos. CENID fisiología, Capítulo 7. FAO. 2007

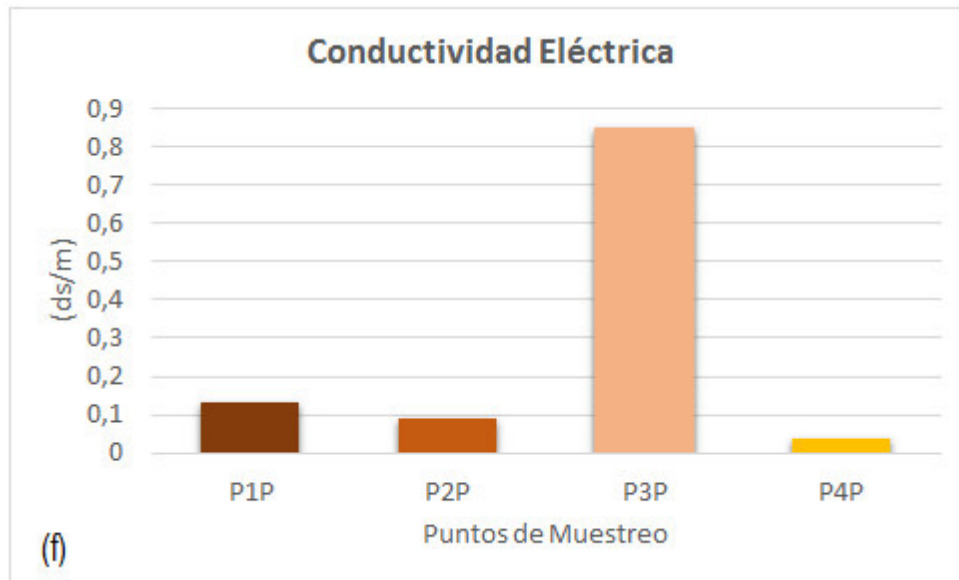
el suelo en no salino es mucho mayor a los resultados de los otros puntos de muestreo, este caso se debe a la presencia de Ovinos en el predio de riego del efluente, aportando mayor cantidad de sales al suelo⁸⁵.

Figura 7. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca El Progreso (P)



⁸⁵ Caballero Cobbat E., Fernández T., Severiche G. Alteración química de la solución de un suelo sulfatado ácido, con enclavamiento y lavado en columnas disturbadas. Revista U.D.C.A, Actualidad y divulgación científica. Universidad de Córdoba. Colombia. 2008. p.p 101-111





La Finca de Santa Rosa, cuenta con un sistema de tratamiento a partir de un biodigestor, el efluente de este tratamiento se usa en combinación de Triple 18 para el abono de cítricos; aunque se evidencia una zona de escurrimiento del mismo que fue la base para los dos primeros puntos de muestreo (P1S y P2S) (ver Figura 8).

La Grafica (a), muestra el pH perteneciente a cada punto, en la ZA se identifica un pH de 7,18- 6,7 y 7,0 respectivamente, lo que caracteriza el suelo como neutro con disponibilidad de nutrientes; y un pH para la ZNA de 7,5 clasificándolo como alcalino, es decir exceso de Carbonatos libres y/o sales solubles, baja disponibilidad de Fosforo, Boro, zinc, Hierro⁸⁶; posteriormente en la Grafica (b), se muestra los % de MO y CO de los puntos de muestreo, donde se encuentra un mayor aporte de MO y CO en el P1S (18 % y 10 % respectivamente), que está relacionado por la cercanía al flujo continuo de efluente del biodigestor y por ende al desplazamiento microbiano; este punto es el que presenta un mayor % de MO y CO en comparación con los demás puntos de muestreo en todo el estudio (caso de interés), los demás puntos de la ZA presentan % de MO y CO no superiores al 10 % pero dentro de los rangos más altos de todo el estudio que se atribuye a que la zona de muestreo están bajo efectos de agricultura de Maíz, Cítricos y frutales; en la ZNA encontramos un % de MO y CO de 3 %, esto está relacionado por los efectos de escorrentía⁸⁷ a los que se somete el terreno en épocas de precipitaciones.

La Grafica (c), presenta la cantidad de Nitrógeno total en el suelo, resaltando los puntos P1S y P2S de la ZA; puesto que presentan 9,0 y 4,9 g/Kg caracterizándolos

⁸⁶ FAO. Los fertilizantes y su uso. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes (IFA). Paris. 1992

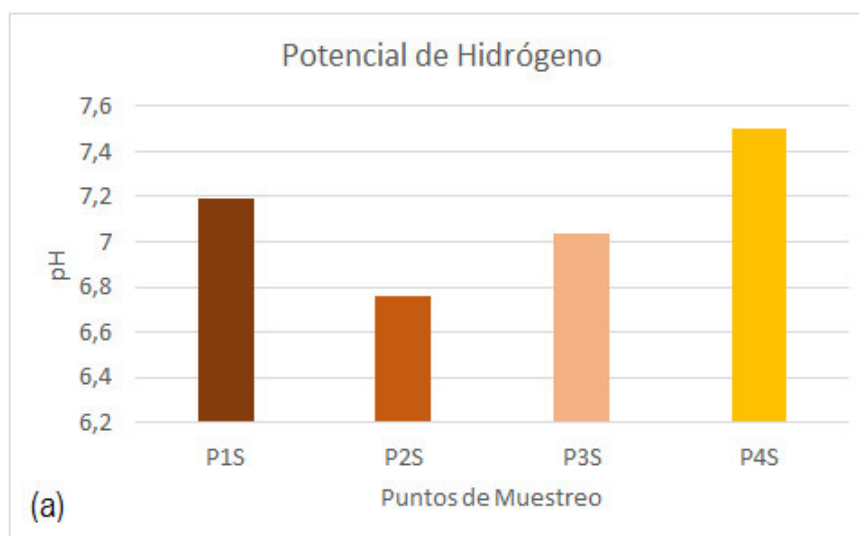
⁸⁷ Gómez Posada S. Manejo y conservación de suelos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Bogotá. 2013

como suelos tóxicos por el alto nivel de Nitrógeno Total según la Guía del subsector porcícola, esto ocurre debido al contacto continuo con el efluente porcícola y el aporte de fertilizantes externos por la adecuación del terreno para cultivos; en contraposición la ZNA presenta un contenido de 1,5 g/Kg de Nt, factor que afirma el impacto de los efluentes en el sector de la ZA.

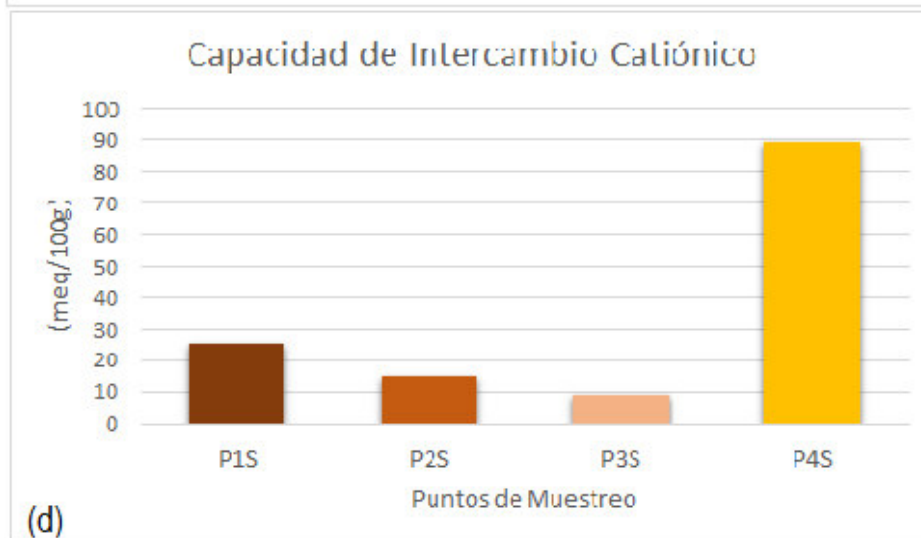
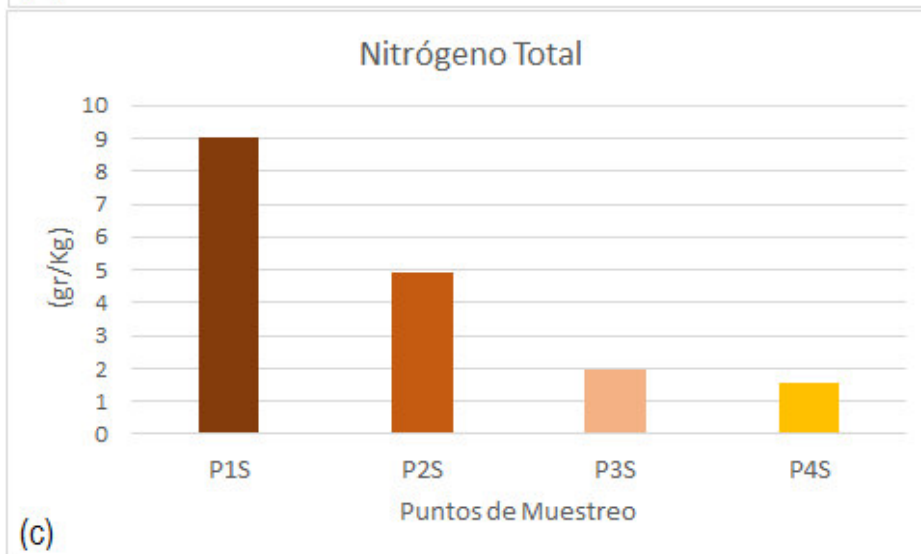
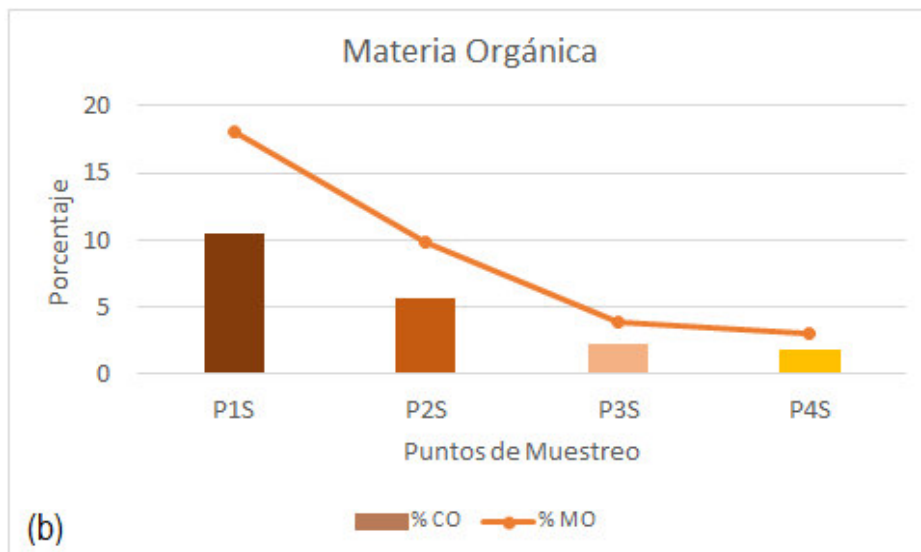
Con respecto a la CIC se observa en la figura 5(d), que los niveles en la ZA son bajos en comparación con la ZNA, aunque se resalta que este sitio de estudio tiene los índices más altos de CIC en sus puntos: P1S y P4S, donde se establece que el P1S tiene mayor capacidad de retención de Aluminio (Al) y el P4S mayor habilidad de retención de Calcio (CA) propio de suelos alcalinos, otra característica antes mencionada de la ZNA. El P1S afirma su condición por el contenido de Fosforo (Grafica e) de 602 ppm; los demás puntos de la ZA también presentan rangos altos de fosforo, al igual que la ZNA, que pueden estar influenciados aparte de los impactos del efluente por el hábito de fertilización artificial.

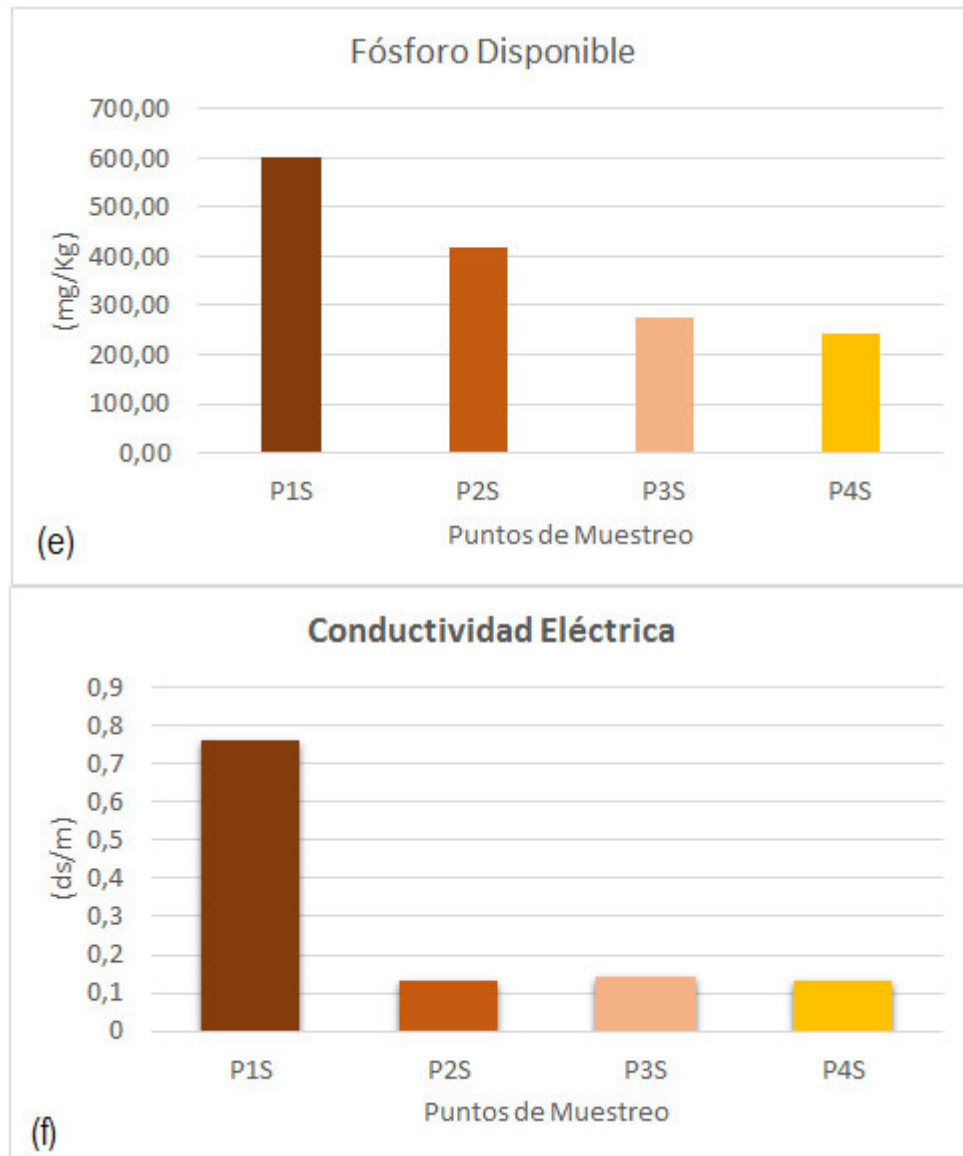
En el caso de la conductividad eléctrica (CE), como se muestra en la Grafica (f), es mayor en el P1S de la ZA, aunque se clasifique como un suelo no salino, este nivel de CE se atribuye a lo que se ha venido mencionando del aporte continuo de minerales por efluente del biodigestor; en la ZNA la CE es mucho menor por el dinamismo del suelo como respuesta al arado de los sistemas de cultivo⁸⁸.

Figura 8. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca Santa Rosa (S)



⁸⁸ Vásquez J.M, Reposo, G. Guecaimburu J, M. Rojo V. Uso de la conductividad eléctrica del suelo para determinar la profundidad al horizonte petrocalcio. Universidad Nacional de Lujan. Argentina. 2010





La finca El loro se caracteriza a diferencia de las demás fincas involucradas en el estudio, por hacer un tratamiento de los sólidos (abono) y verter el efluente porcícola por un canal de distribución enterrado al Río Magdalena.

En la figura 9 el pH mostrado en la Grafica (a), la ZA presenta unos pH de 7,7-6,4 y 6,5 (P1L, P2L y P3L); donde el P1L se caracteriza por ser alcalino y los demás ligeramente ácidos; presentando una diferencia significativa si se reconoce que el área de muestreo solo fue de 225 m²; esta variación se puede relacionar con el hecho de que los puntos P2L y P3L fueron cercanos a la red ⁸⁹de distribución del

⁸⁹ Castro H., Munevar O. Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales enclantes. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bogotá. 2013

efluente y el P1L cercano a la porqueriza. La ZNA presento un pH de 6,7 siendo un suelo neutro caracterizado por la disponibilidad de nutrientes, encontrándose en un rango medio con respecto a los demás puntos de muestreo.

La Grafica (b), la ZA no supera el 4% de MO y CO un índice de la baja fertilidad del suelo a pesar de ubicarse en una zona adyacente a los remantes del Rio Magdalena, en el caso de la ZNA presenta un 3% de MO y 1% de CO. Por consiguiente la gráfica (c), muestra los niveles de Nitrógeno Total presentes en los puntos de muestreo, con respecto a la ZA, el P3L representa la mayor cantidad de N(total) de 2,25 g/Kg aunque no alcanza a los límites de ser un suelo toxico se considera en una escala moderada; los demás puntos de esta zona presentan valores de 1 g /Kg de NT, igual sucede con la ZNA, estos valores corresponden a la relación que tiene el nitrógeno con el porcentaje de MO y CO⁹⁰; que como se vio anteriormente es muy débil.

En la gráfica (d), se encuentran los valores de la habilidad de retener nutrientes el suelo; en la ZA se da un rango de 11 a 16 meq/100g con mayor capacidad de acumular micronutrientes específicamente el manganeso, cabe aclarar que la CIC está directamente relacionada con el pH y como se vio anteriormente la ZA presente suelos alcalinos y ligeramente ácidos; la ZNA presenta una valor de CIC de 11,4 meq/100g similar al punto P1L de la ZA; este parámetro evidencia la tendencia de movilidad de nutrientes en el suelo⁹¹.

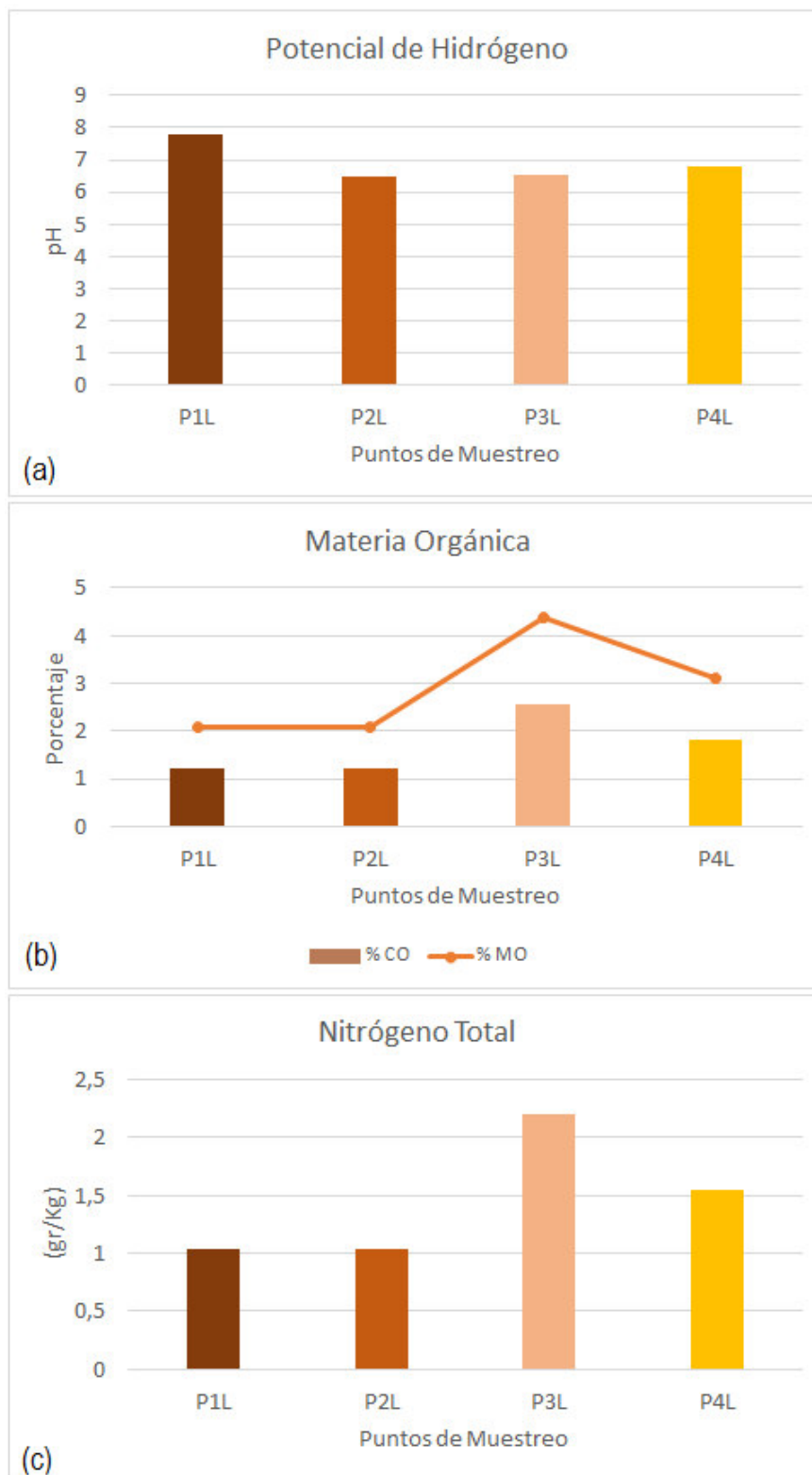
En la gráfica (e) se puede evidenciar que el fosforo en la ZA tiene una variación de 176,42 mg/kg en el P1L, 276,01 mg/kg en el P2L y 90,44 en el P3L; donde el P2L tiene el mayor valor de fosforo por la cercanía al sistema de distribución del efluente debido a posibles acumulaciones por reboso, en el caso del P3L su disminución es vinculada a la cercanía de los sistemas radicales de cultivos como (plátano, noni, mango y limón). La ZNA evidencia un valor de 218,55 mg/kg esto se da debido a la presencia de uso de fertilizantes, causando una elevada cantidad de nutrientes pero que se encuentra en un rango moderado a nivel general.

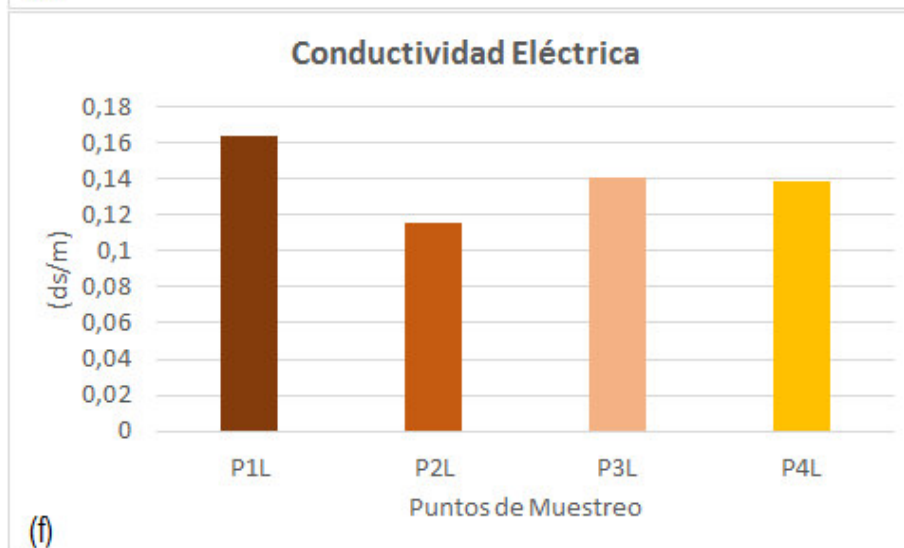
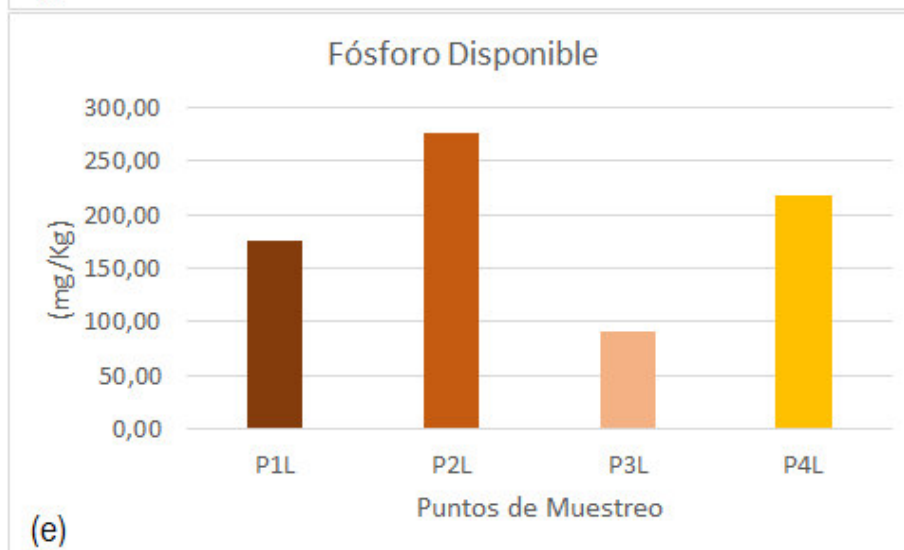
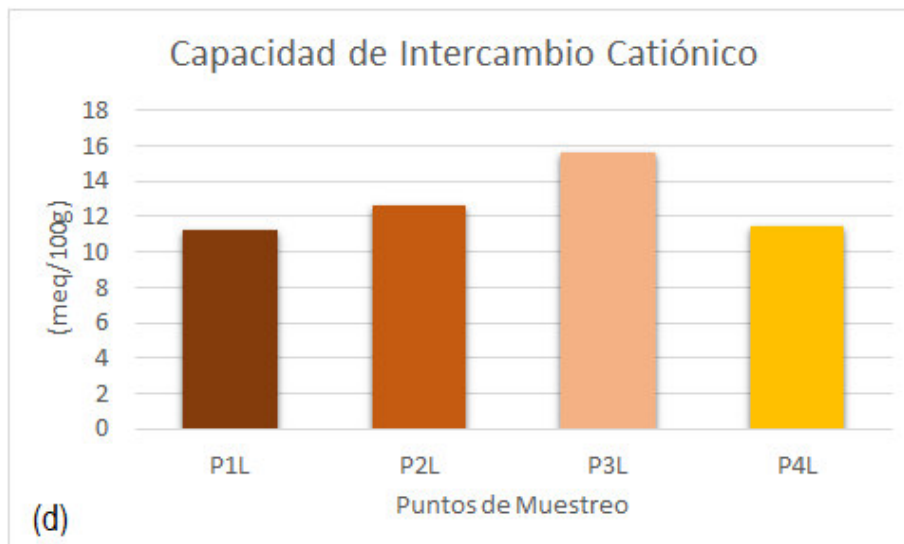
En la gráfica (f) la ZA presenta un rango de CE entre 0,11 a 0,16 ds/m clasificando al suelo según la USDA como no salino que en comparación con los demás puntos de muestreo se encuentra en los valores más bajos de CE; la ZNA presenta un valor de 0,13 ds/m similar a la ZA. Este parámetro está relacionado con la CIC debido a la movilidad de nutrientes.

⁹⁰ Alvarez de la Puente J., M. Manual de compostaje para agricultura ecológica, Consejería de Agricultura. Andalucía. 2003

⁹¹ Rengel M; Gil F; Montañó J. Crecimiento y Dinámica de Acumulación de Nutrientes en Caña de Azúcar. Y Macronutrientes. Venezuela. 2011.

Figura 9. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca El Loro (L)





La Finca Naranjillos tiene una caracterización propia y es la del color del suelo, que a la vista es rojizo, atribuido por la oxidación de hierro producida en el mismo. En esta finca no se tiene ningún tipo de tratamiento para los efluentes que han sido vertidos a una quebrada intermitente durante aproximadamente 20 años.

En la Grafica (a) de la Figura 10, se evidencia la presencia de suelos alcalinos y neutros; la ZA tiene valores desiguales como el P1N de 7.6, el P2N de 7.7 y el P3N de 7.2, identificando a dos suelos alcalinos y uno neutro. La ZNA presenta un pH de 7.9, siendo un suelo moderadamente alcalino con propiedades de ser muy alcalino y así evidenciar la presencia de sales como se muestra en la Grafica (f), donde los rangos son bajos en la ZA en comparación con la ZNA.

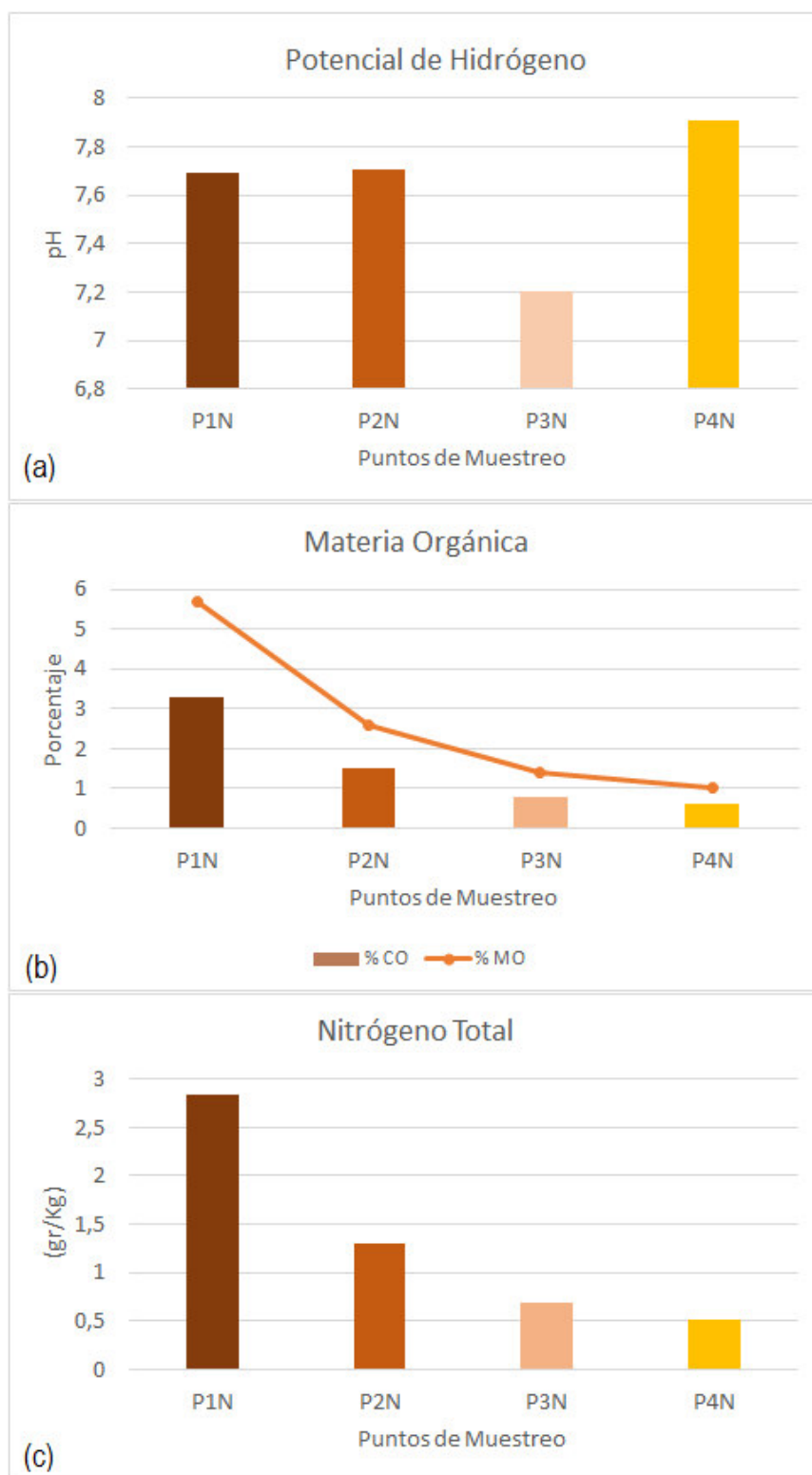
En cuanto al % de MO y CO se puede observar que hay una representación mínima de los mismos en cuanto a los puntos P2N, P3N y P4N, solo evidenciándose un % mayor en el punto P1N de 3,3% de CO y 5,6% de MO; el P1N presenta mayor representación de MO y CO por la influencia de la descomposición de material vegetal circundante (ver Grafica b).

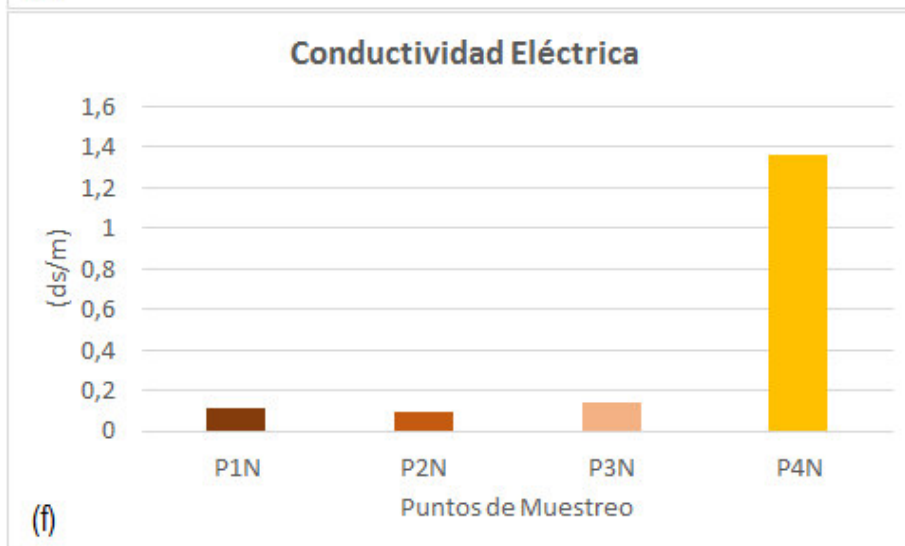
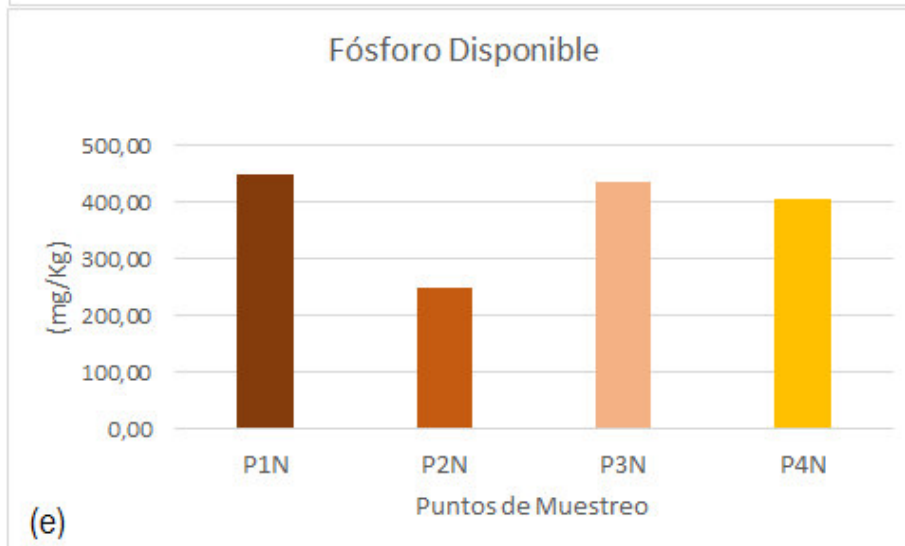
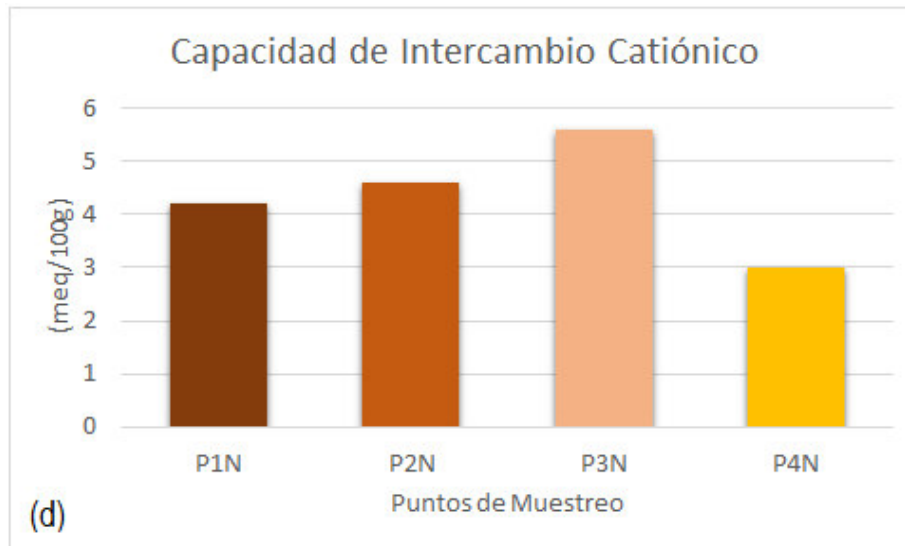
En la Grafica (c), la ZA en el punto de muestreo P1N presenta el mayor valor de nitrógeno total que a pesar de no exceder el límite estipulado por la guía del subsector porcícola se le atribuye a la presencia de materia orgánica; caso contrario con la ZNA (P4N) donde por presentar un desvestimiento del suelo y bajo porcentaje de materia orgánica el valor de nitrógeno total se reduce a 0,5 gr/kg; además la presencia de nitrógeno se le asigna a la contribución de nutrientes presentes en la descarga del efluente.

Con respecto a la CIC (Grafica d), se identifica esa zona de muestreo como la de menor capacidad de intercambio catiónico con valores de 4,2 meq/100g del P1N, 4,6 meq/100g del P2N, 5,6 meq/100g del P3N y 3,0 meq/100g del P4N, dados estos valores hace referencia a la poca habilidad de retener nutrientes por la dominancia de otros minerales como el hierro y el aluminio y la ausencia de material vegetal.

En la Grafica (e), se observa la cantidad de fósforo disponible en los puntos de muestreo, donde se establece esta zona similar a los puntos de muestreo de la finca de Santa Rosa con valores de 448 ppm en el P1N de la ZA, debido a la aplicación directa del efluente porcícola de manera repetitiva, cabe mencionar que en los demás puntos se encuentran valores de 248 ppm del P2N y 435 ppm del P3N ubicándose en un rango intermedio con respecto al análisis general; en cuanto a la ZNA presenta un valor de 406 ppm no superando el punto P1N de la ZA.

Figura 10. Análisis de parámetros químicos en la zona de estudio Finca Naranjillo (N)





6.4 Diseño ficha de Diagnóstico Ambiental

Atendiendo a la caracterización de las granjas porcinas y a los resultados de los parámetros físico – químicos medidos en el estudio, se diseñó un ficha de Diagnóstico Ambiental (Ver cuadro 15), dirigida a los poricultores de las granjas de estudio; esta ficha fue socializada en el mes de Agosto del presente año con el fin de presentar los resultados propios de cada granja que atienden a las características específicas, donde el poricultor en base a este diagnóstico establecerá una serie de medidas de mitigación respecto a la contaminación generada según el estudio y aplicara los requerimientos establecidos en la resolución 1207 de 2014, en el caso de contar con un sistema preliminar de tratamiento (Biodigestor); de no ser así el poricultor deberá regirse por lo establecido en el decreto 1076 de 2015 (Permiso de vertimientos).

Cuadro 15. Ficha técnica de diagnóstico ambiental

	UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA			Versión 1
	FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS			
	PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
	Trabajo de Grado - Ingeniería Ambiental			
Concepto Técnico N°	1			
Fecha				
Nombre del Proyecto	ESTUDIO PRELIMINAR DE LA AFECTACION AL SUELO POR VERTIMIENTOS DE EFLUENTES PORCICOLAS EN			
Autores	Perez Munar Hugo César, Toro Torres Maria Alejandra			
Nombre de la granja				
Cumple la normatividad ambiental vigente (Decreto 1076 de 2015)	SI		NO	
Cuenta con un sistema del tratamiento del efluente	SI		NO	
Descripción del proyecto				
Caracterización de la granja porcicola				
Consideraciones Técnicas (Buenas Prácticas Pecuarias)				
Presentación de resultados del estudio				
Recomendaciones Técnico - Ambientales				
Requerimientos a presentar ante la autoridad ambiental (si presenta sistema de tratamiento) - Resolución 1207 de 2014				
Firma del poricultor	Firma del asesor			

Fuente: Autores

7 CONCLUSIONES

- La caracterización de las granjas porcícolas de Coello y Tocaima, evidencia la falta de técnicas agropecuarias para llevar a cabo los parámetros de Bienestar Animal, Bioseguridad y Alimentación que categoricen la porcicultura como tecnificada; además de la falta de sistemas de tratamiento de los efluentes porcícolas que generan una aceleración en los procesos de degradación del suelo, a pesar de tratarse de granjas de producción media.
- Los suelos analizados en el estudio presentaron niveles de pH similares, con suelos ligeramente ácidos, neutros y alcalinos, con propiedades que se relacionan directamente con la baja CIC y la baja representación de MO y CO que no supera el 18 %; por la ausencia de sistemas vegetativas y la afectación de los efluentes porcícolas en la disminución de Conductividad Eléctrica y aumento de macronutrientes (N y P) y porcentaje de humedad a causa del vertimiento.
- Los niveles de Nitrógeno y Fosforo se encontraron en un rango fuera de lo establecido por la normatividad ambiental (caso N), además de no tener relación con estudios similares excediendo el contenido presente en el suelo y la sobresaturación del nutriente (caso P); presentando limitaciones de desarrollo vegetal en las ZA en comparación con las ZNA, a pesar que en algunos casos como La Finca Santa Rosa y El Naranjillo los rangos son mayores en la ZNA por la intervención de sistemas de fertilización artificial.
- Las prácticas a nivel de tratamientos de efluentes porcícolas son aun tradicionales, lo que ocasiona una afectación en el medio (suelo) por desconocimiento del aporte de nutrientes que estos le atribuyen al suelo, generando una acelerada degradación y contaminación del recurso; esta situación se presenta en un mayor porcentaje en los sistemas tradicionales a causa de la ausencia de un sistema de tratamiento del efluente porcícola ya que se vierte directamente, caso contrario en las granjas tecnificadas donde se tiene establecido un sistema de tratamiento (Biodigestor) que reduce los niveles de contaminación del efluente porcícola; es por ello que a partir de la socialización de este tipo de resultados se contribuye con un desarrollo agrícola sostenible con el ecosistema.

- Las granjas porcícolas involucradas en el estudio no cumplen con la normatividad ambiental vigente en temas de vertimientos, puesto que no se hace una caracterización de las aguas residuales (efluentes), ni se gestiona el debido permiso de vertimientos como lo establece el decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.3.3.5.1; además no poseen un sistema de tratamiento apropiado a las características del efluente porcícola.
- Las autoridades ambientales no poseen información clara sobre los sistemas porcícolas locales y por ende no hay un seguimiento a esta actividad pecuaria.

8 RECOMENDACIONES

- La implementación de prácticas que tengan en cuenta las propiedades físico-químicas del suelo como punto de partida, son las que permiten el desarrollo óptimo del sistema pecuario con relación a un sistema agrícola como se presenta en las áreas de estudio, con la diferencia de conceptos.
- Es necesario generar en los pequeños porcicultores una educación hacia la implementación de técnicas pecuarias en relación al bienestar animal, especialmente en infraestructura y bioseguridad que garanticen la optimización del sistema.
- Para el caso de la alimentación de cerdos en las granjas de estudio, se aconseja la combinación de forrajes como la Leucaena, Moringa y algarrobo que por sus características son una alta fuente de proteína, puesto que esto tiene una implicación directa en los componentes químicos de las excretas porcícolas que son tema de interés ambiental.
- En posteriores investigaciones se debería profundizar en la relación de parámetros físico- químicos del efluente porcícola y de las excretas con relación a los parámetros físico- químicos de los suelos regados con este residuo. Se debe monitorear el efecto periódicamente evaluando el impacto a corto, mediano y largo plazo.
- Las entidades ambientales y pecuarias vinculadas al proceso deberán incluir en los temas de actualización una parte ambiental que se encargue de la revisión de los impactos generados por la porcicultura a nivel local, regional y nacional; siendo esta actividad la de mayor demanda comercial.
- Existe la necesidad de este tipo de estudios que le permitan a los porcicultores conocer el estado del sistema y su influencia a nivel ambiental en un marco local y regional.
- Para dar cumplimiento a los lineamientos establecidos por la normatividad ambiental sobre vertimientos en el tema de sistema de tratamiento de las aguas residuales; el usuario generador (porcicultor) que cuente con la implementación de un sistema de tratamiento del efluente, deberá presentar una serie de requerimientos ante la autoridad ambiental competente que se

resumen en: balance de masas del sistema, solicitud de permiso de vertimientos, reporte de análisis de parámetros (RAS, PSP, Salinidad, Carbonato de sodio residual y DBO), plan de monitoreo para el agua residual, el suelo, el agua superficial y subterránea; en el caso dado de no presentar un sistema de tratamiento de aguas residuales, se implementara y luego se ejecutara todo lo mencionado anteriormente con el fin de garantizar una reducción del impacto ambiental generado.

- Implementación de un sistema de aforo para la medición del volumen de agua residual (efluente) generado.

9 REFERENCIAS

Abadía A., Eleizalbe L., Heras L., Montañes L. Comparación de dos métodos para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos calizos. Zragosa. 1980

Alvarez C; Torres M; Chamorro E; Ambrosio D; Taboada M. Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: Efecto sobre las propiedades edáficas y los cultivos. Ciencia del suelo. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 2009.

Asociación Nacional de Porcicultores (Aso porcicultores). Conozca la situación sanitaria del sector Porcicola en Colombia. Porcicultura Colombiana. Bogotá. 2015. P.22.

Asociación Nacional de Porcicultores, 2012.

Asociación Nacional de Porcicultores. Bienestar Animal Porcino. Área Técnico. Bogotá, Colombia, 2015

BAKER, R.B.2004.

Barbancho Ceballos A. Comportamiento de la Humedad del suelo en una pequeña cuenca hidrográfica de la Dehesa Extremeña (Guadalperalon, Cáceres). Departamento de geografía y ordenamiento territorial. México. 1998.

Bereta A; Silbermann A; Paladino L; Torres D; Bassahun D; Musselli R. Análisis de textura de suelo con hidrómetro: Modificaciones al método de Bouyoucos. Instituto nacional de investigación agropecuaria. Colonia, Uruguay. 2014.

Berrocal Rosso E; Durango Petro J, M; Barrera Violeth J, L; Díaz Ponguta B. E Buenas Prácticas Pecuarias, FAO.2012.

Caballero Cobbat E., Fernández T., Severiche G. Alteración química de la solución de un suelo sulfatado ácido, con enclamiento y lavado en columnas disturbadas. Revista U.D.C.A, Actualidad y divulgación científica. Universidad de Córdoba.Colombia. 2008. p.p 101-111

Campabadal C. Guía técnica para alimentación de Cerdos. Ministerio de Agricultura. Costa Rica. 2009

Carrero González H., Manual de Producción Porcicola. Ministerio de Protección Social. Servicio Nacional De Aprendizaje (SENA). Tuluá, Valle.2005. p.46.

Carvajal A., Feijo A., Quintero H., Rondón M. Carbono Orgánico del suelo en Diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 2009

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC., Manual de Buenas Practicas de Producción en Granjas Porcícolas. Departamento de Nutrición Animal. México, 2004.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC., Manual de Buenas Practicas de Producción en Granjas Porcícolas. Departamento de Nutrición Animal. México, 2004.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC., Manual de Buenas Practicas de Producción en Granjas Porcícolas. Departamento de Nutrición Animal. México, 2004.

CORTOLIMA. Agenda Ambiental del Municipio de Coello. 2011

DANE.Boletin mensual Insumos y Factores de Producción. Sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario (SIPSA). Ministerio d Agricultura y desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. 2012

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Cuenta satélite piloto de la Agroindustria (CSPA). Procesos de Cría de ganado bovino y porcino y su primer nivel de transformación industrial. Dirección de síntesis y cuentas nacionales., Resultados Preliminares 2005-2011. Bogota.2013.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Claves para la taxonomía de suelos. Servicio de conservación de recursos naturales. Estado de México. 2007

Díaz A., Rodríguez M., Vera J. et. al; Caracterización de los sistemas de producción porcina en las principales regiones porcícolas colombianas, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Universidad de Antioquia, 2011, p.135.

Dirección Ambiental Sectorial., Guía Ambiental para el subsector Porcícola. Ministerio del Medio Ambiente., Curso para construir la Paz., 2002.

Dirección de Educación Agraria. Manual de Porcinos. Dirección Provincial de Educación Técnico Profesional. 3° Año Ciclo Básico Agrario. Buenos Aires, Argentina.2010.

Eyherabide M., Rozas Sainz H., Echeverria H, E. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en el suelo. Ciencia del Suelo. Argentina. 2014

FAO. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Manejo de la humedad del suelo. 2010.

FAO, Producción y Sanidad Animal, Departamento de Agricultura y protección del consumidor, 2016.

FAO. Los fertilizantes y su uso. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes (IFA). Paris. 1992

FAO. Perspectivas Alimentarias: Resúmenes de Mercado. Mayo de 2015.

FAO., Buenas Practicas Pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires, Argentina. 2012. P.239.

Fernández López C., Vásquez S., Dalurzo H., Morales L.A. Índice de disponibilidad del fosforo proveniente del fertilizante en suelos de la provincia de Misiones, Argentina. Universidad Nacional del noroeste. Agricultura técnica. Argentina. 2001

Fernández López C; Mendoza F; Vásquez S. Fracciones de fosforo en suelos de corrientes con producción cítrica, arroceras y pastoril. Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE- Sargento Cabral. Buenos Aires, Argentina. 2006.

FIRA. Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Carne de Porcino, 2015. México, 2016.

Gómez M; Sotes V. El Manganeseo y la Viticultura: Una Revisión. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España. 2014.

Gómez Posada S. Manejo y conservación de suelos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Bogotá. 2013

Gros.1990.

Henríquez M., Pérez J., Casco J.M., Rodríguez O., Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de Amonio, Acetato de

Sodio y Cloruro de Amonio. Bioagro, Universidad Centro occidental. Venezuela. 2005

Hernández López D., Hernández Valencia I. Cambios en parámetros físico químicos y biológicos en el suelo de una sábana protegida de quema y pastoreo durante veinticinco años. Instituto de Zoología Tropical. Bioagro. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 2008

Hochstrasser CN1, S.G; Tecnologías alternativas para contrarrestar la problemática económica y social que generan los residuos porcícolas, 13^{er} Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria, 2012.,p 502-506.

ICA, Censo Pecuario Nacional, 2016.

ICA. Censo Poblacional de Porcinos, Colombia 2016. Mapa, Sistema de Coordenadas UTM. Dirección técnica de Vigilancia Epidemiológica. Bogotá, Colombia. 2016

INECC-CCA., Guía para elaborar planes de Muestreo representativos. México., p.43., 2010.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; Técnicas de Toma y Remisión de Muestras de suelos, Estación experimental agropecuaria Cerro Azul, 2010.

Jaramillo D. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2002.

Jiménez García D., M. Programa de manejo de impactos ambientales de la granja porcícola Monterrey. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias agropecuarias. Colombia. 2010

Landin Mariscal G., Tratamiento de excretas cerdos., Capitulo 7., FAO., 2007.

Lazara O; Ortega Sastriquez F; Morales M. Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de Vertisoles de la provincia Granma. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. 1998.

Londoño Botero J., M. Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerdas adultas. Maestría en ciencias agrarias con énfasis en producción. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Valle del Cauca, Colombia. 2004

MADS. Sector Agropecuario. Estadísticas de Cundinamarca 2010. Bogotá, Colombia. 2010

Mariscal G. Tratamiento excretas cerdos. CENID fisiología, Capitulo 7. FAO. 2007

Martínez H., E; Fuentes J., P; Acevedo E. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. Chile. 2008

Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico-Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.14.

Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico-Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.10.

Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico-Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.16.

Martínez Jaimes L. Estandarización y Validación de algunos parámetros Físico-Químicos en Suelos para Uso Agrícola. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 2005. p.11.

Mateus F., Maire C. Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. Universidad de Talca. Chile. 2000

Mateus Francisco J; Maire Cristian R. Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. Universidad de Talca. Talca, Chile. 1998.

Menzi, H.; Stauffer, W. et al.; Impact environmental of the production porcine plein-air. PRO.RAMIRAN-conference, Rennes (F). 1998.

Millares P. Manejo de efluentes. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Argentina. 2012

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental Del Suelo (GIAS). Bogota.2013.p.24.

Ministerio de Ambiente; Guía para muestreo de suelos; Dirección General de Calidad Ambiental, 2014.

Ministerio de Medio Ambiente., Guía para Muestras de Suelo., Estándares de Calidad Ambiental para suelos (ECA).Dirección General de Calidad Ambiental., Perú., 2014.

Ministerio del Ambiente., Guía para Muestras de Suelo., Estándares de Calidad Ambiental para suelos (ECA),Dirección General de Calidad Ambiental., Perú., 2014.

Molina Demuner G; Cadena Zapata M; Magaña Campos G. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenvista, Mexico.2013.

Monteverde S. Impacto sobre el suelo de un sistema de cerdos a campo en el largo plazo, Tesis Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad de la República de Uruguay, Montevideo, Uruguay, 2012.

Moreno Ramón H. El Color del Suelo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. 2008.

Moya M., E; Reinoso P., Galussi A., Solda G. Respuesta al fenol de los cariopis de cultivadores de cebada y centeno. Ciencia, Docencia y Tecnología. Argentina. 2006

Núñez Solís J. Manual de Laboratorio de Edafología. Universidad Estatal a distancia. Costa Rica 2006. p 112.

Ochoa Guido R; Malangón D; Oballos J. Influencia del material parental y del bioclima en la pedogenesis de la cuenca media y alta del Rio Motatán. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela. 2008

OMS. Producción y sanidad animal. Departamento de Agricultura y protección del consumidor.2016

Padilla Pérez M., Manual de Porcicultura., Ministerio de Agricultura y Ganadería., Programa Nacional de Cerdos., Fundación para el fomento y promoción de la investigación y transferencia tecnológica agropecuaria en Costa Rica., San José, Costa Rica., 2007.

Paredes MC. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo final de ingeniería en producción agropecuaria. Universidad Católica. Argentina. 2013.

Pérez Espejo R. Producción porcina y contaminación del agua en la piedad, MICH. Instituto de investigaciones económicas. Universidad Autónoma de México. México. 2009

Política Nacional de sanidad e inocuidad para la cadena porcicola. Consejo Nacional de Política Económica y Social., Departamento Nacional de Planeación., 2007.

Posada Casierra F; Avendaño Aguilar O. Estrés por Aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 1- N° 2. Boyacá, Colombia. P.p 246-257. 2007.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El Suelo: Un elemento olvidado. TUNZA. La revista del PNUMA para los jóvenes. España. 2010.

Quintana Castrillón O., Jiménez Pérez R., Bedoya Mejía O. Porquinaza en la alimentación animal: Artículo de Revisión. Universidad Lasallista. Revista Lasallista de Investigación- Vol. 1 n° 1. Bogotá, Colombia. 2010, p.p 72-76

REPUBLICA DE COLOMBIA. Plan de Desarrollo Del Municipio de Tocaima Cundinamarca. 2008

Restrepo Correa J., F; Arroyave Silva S. M. Analisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Universidad de Medellín. Colombia. 2009

Rodríguez C., Pastora J.D.D., Picado F., Mena M., Van der Hoek R., Benavidez A., Real B., Moreno E., Murcia M., Manual de Forrajes para alimentación de cerdos., Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria., Managua-Nicaragua., 2012.

Rojas C. Interpretación de la disponibilidad de fosforo en suelos de Chile. Centro Regional de Investigación INIA La Platina. Chile. 2008

Rozas Sainz H; Echeverría H; Angelini H. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región Pampeana y ExtraPampeana Argentina. Informaciones agronómicas N°2. Consejo nacional de investigaciones científicas y técnicas (CONICET) Balcarce, Argentina. 2008.

Sabroso Gonzales M., C; Eixarch Pastor A. Guía sobre suelos contaminados. Departamento de Economía, Hacienda y Empleo. Zaragoza. 2004

Sánchez B., Ruiz M., Ríos M, M. Materia Orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del rio Maracay, estado Aragua. Agronomía Tropical. Centro de investigación y extensión en suelos y aguas (CIESA). Venezuela. 2005

Sánchez M., Producción animal e Higiene Veterinaria, 2011.

Secretaria Distrital de Ambiente. Resolución 3957 de 2009. Control y manejo de Vertimientos. Bogotá. 2009

Sepúlveda P., López H., Núñez D. Efecto de diferentes niveles de Humedad en el suelo sobre el desarrollo del carbón de la papa (*Angiosorus solani*) en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) bajo condiciones de invernadero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 2000

Simón M., Peralta N., Costa J.L. Relación entre la conductividad eléctrica aparente y las propiedades del suelo y nutrientes. Universidad Nacional del Mar de Plata. Argentina. 2013

Simón M., Peralta N., Costa J.L. Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. Universidad Nacional del Mar de plata, Ciencia del Suelo. Argentina. 2013

Universidad Nacional de Colombia., Guía para el muestreo., Laboratorio de Suelos., Sede Medellín., 2014.

Vásquez J.M, Reposo, G. Guecaimburu J, M. Rojo V. Uso de la conductividad eléctrica del suelo para determinar la profundidad al horizonte petrocalcio. Universidad Nacional de Lujan. Argentina. 2010

Villaraga Montaña J., A. Actividades Realizadas Centro Provincial Coello. Tolima, Colombia, 2010

Zagal E., Sadzawka A., Protocolo de Métodos de Análisis para suelos y lodos., Universidad de Concepción., Facultad de Agronomía., Chile., 2007.

10 LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Recopilación de fuentes de información

Numero de documento	
Tipo de documento	
Nombre del documento	
Palabras claves	
Ideas principales	
Resultados relevantes	
Bibliografía	

Anexo B. Reconocimiento del área de estudio

- Matriz de caracterización de granjas porcinas

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio: Razón social: Uso principal:	Departamento: Municipio: Vereda o dirección:
CARACTERIZACION DE LA GRANJA	
Área aproximada de la granja: Área utilizada para la producción de cerdos: N° de pjaras: N° de animales por pjaras: Material de paredes de la granja: Material de techo de la granja: Tiempo de producción:	Pisos de la granja: Tipo de comederos (automáticos, manuales): Tipo de tratamiento de excretas o efluente: Tipo de recolección de excretas o efluente (manual o mecánico): Uso del efluente: Periodo de lavado de corrales:
CARACTERISTICAS DE PRODUCCION	
Razas que se producen: Sistema de producción (ciclo completo, destetos, levante, ceba): Tipo de sistema de producción (tecnificado o tradicional): N° de animales actuales: N° máximo de animales en producción: Tipo alimentación: N° de operarios: Desinfección de operarios (si o no):	Presencia de otros sistemas agropecuarios: Plan vacunal (si o no): Asistencia de un veterinario (si o no): Antecedente de patologías: Forma de sacrificio (artesanal o técnica): Tipo de venta (al detal o por mayor): Detección de olores: Descripción del olor:
OBSERVACIONES	

- Caracterización de puntos de muestreo

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio: Razón social: Uso principal:	Departamento: Municipio: Vereda o dirección:
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Nombre del punto de muestreo: Coordenadas: Temperatura (°C): Técnica de muestreo (manual, semimecánico o mecánico): Profundización final: Altitud:	Operador (empresa/investigador): Descripción de la superficie (asfalto, cemento, vegetación): Precipitación: Instrumentos usados:
DATOS DE LA MUESTRA	
Fecha: Hora: Color: Olor: pH: Textura: Humedad:	Cantidad de la muestra: Tipo de muestra (simple/compuesta): Área de muestreo: Apariencia:
OBSERVACIONES	

- Representación gráfica de las granjas de estudio

CROQUIS	
Granja porcicola	Punto de muestreo

ANEXO C. PROTOCOLOS PRUEBAS DE LABORATORIO

PROTOCOLO 1.

		PRACTICA Nº	
Facultad:	Ciencias Agropecuarias		
Programa Académico:	Ingeniería Ambiental		
Núcleo Temático:		Grupo:	
Docente:	José Ever Ramírez Calderón		
Correo:	Ramical134@yahoo.es		

NORMAS DE BIOSEGURIDAD BASICAS DE USO OBLIGATORIO:

- ✓ **Protector naso bucal.**
- ✓ **Bata manga larga, cerrada en color blanco.**
- ✓ **Zapato cerrado en suela antideslizante**
- ✓ **Pantalón largo (holgado)**
- ✓ **Gorro desechable (cabello recogido)**
- ✓ **Gafas de laboratorio**
- ✓ **Guantes de vinilo o nitrilo**
- ✓

TITULO DE LA PRACTICA

DETERMINACIÓN DE pH

OBJETIVO GENERAL

Por medio del análisis de laboratorio, determinar el pH de varias muestras de suelo y extractos de saturación e interpretar los resultados que se obtenga

INTRODUCCION

El pH se define como el logaritmo de la inversa de la concentración de iones de hidrogeno, una solución con pH menor de 7 será ácida, si el pH es superior de 7 recibe el nombre de básica, un pH igual a 7 corresponde a la neutralidad.

La importancia de medir el pH de un suelo radica en la disponibilidad de los nutrientes del suelo por parte de las plantas para absorberlos, ya que muchos

nutrientes tienen la máxima solubilidad a pH de 6 – 7 decreciendo por encima y por debajo de tal rango.

El pH del suelo es medido por lo general potenciomètricamente en el sobrenadante en equilibrio con la suspensión del suelo los valores de pH dependen de las características del suelo la concentración de CO₂ disuelto y el contenido de humedad al cual se realiza la medición.

El pH del suelo está influenciado por la composición y naturaleza de los cationes intercambiables, la composición y naturaleza y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalinos- térreos

ELEMENTOS EDUCATIVOS REQUERIDOS

(Equipos, Materiales, reactivos, herramientas con su respectiva cantidad)

MATERIAL

- Potenciómetro. 1
- Agitador de vidrio 3
- Vaso de precipitado de 100ml. 3
- Pizeta con agua destilada de 170ml. 1
- Balanza granataria. 1
- Papel indicador de pH. 3
- Papel de seda o higiénico

SUSTANCIAS.

- Soluciones buffer pH 4.0, 7.0, y 10.0.

MATERIAL BIOLÓGICO.

- Suelo.

METODO DE TRABAJO

- 1) En cada vaso de precipitado de 100ml. realizar 3 diluciones 1:1, 1:2 y 1:5 (suelo, agua) respectivamente
- 2) Posterior a la dilución, colocar el vaso en un termoagitador durante 10 minutos.
- 3) Conectar el potenciómetro a la red de energía eléctrica calibrar con buffer pH 7.0 y pH 10.0 o a pH 4.0 según sea el rango de lectura que se espera obtener y esperar durante tres minutos por lo menos para que proporcione lecturas estables
- 4) Posteriormente se toma la lectura en el potenciómetro a cada dilución
- 5) Se saca el electrodo y se lava nuevamente con agua destilada y se seca con papel seda

MEDICION DEL pH EN EXTRACTOS DE SATURACION DEL SUELO.

- 6) Calibrado el potenciómetro medir 5-10 ml de extracto y posteriormente se toma la lectura
- 7) Desconectar el potenciómetro

- 8) Medir el pH tanto del suelo preparado como del extracto con papel indicador sumergiendo una fracción de papel indicador en la muestra a analizar
- 9) Realizar las observaciones correspondientes de los métodos empleados para poder enriquecer las conclusiones.

PROCEDIMIENTO Y/O MONTAJE EXPERIMENTAL

PROCEDIMIENTO.

1. Pesado de suelo 10grs., por cada vaso de precipitado.
2. Preparación de diluciones 1:1, 1:2, y 1:5.
3. Agitar por 10 minutos cada muestra con el agitador de vidrio.
4. Calibrado del potenciómetro con las soluciones buffer pH 4.0, 7.0, 10.0.
5. Después de calibrado, colocar el electrodo del potenciómetro en la solución 1:1
6. Esperar por tres minutos o a que de una lectura estable, anotar.
7. Retirar el electrodo y lavar con agua destilada, secar con papel de seda (higiénico).
8. Repetir los pasos 5, 6, y 7 para las soluciones 1:2, y 1:5.
9. Determinar el pH del suelo de acuerdo a las lecturas obtenidas

ANALISIS, DATOS Y RESULTADOS

La clasificación del pH de suelos y aguas se muestra en el cuadro siguiente.

RANGO DE PH CLASIFICACION

<4.60 Extremadamente ácido
 4.60 –5.19 Muy fuertemente ácido
 5.20 – 5.59 Fuertemente ácido
 5.60 – 6.19 Medianamente ácido
 6.20 – 6.59 Ligeramente ácido
 6.60 – 6.79 Muy ligeramente ácido
 6.80 – 7.19 Neutro
 7.20 – 7.39 Muy ligeramente alcalino
 7.40 – 7.779 Ligeramente alcalino
 7.80 – 8..39 Medianamente alcalino
 8.40 – 8.79 Fuertemente alcalino
 >9.40 Extremadamente alcalino

BIBLIOGRAFIA

ISO 1 0390: Soil quality - Determination of pH (Calidad del suelo – Determinación del pH)
NEN 5750: Bodem. Bepaling van pH in grondmonsters (Suelo. Determinación del pH en muestras de suelo)
EPA 9045: Soil pH (pH del suelo)
AFNOR X 31 -1 03: Qualité des sols. Mesure du pH (H₂O). Methode électrométrique (Calidad de los suelos. Medida del pH (H₂O). Método electrométrico)
AFNOR X 31 -1 04: Qualité des sols. Mesure du pH (KCl). Methode électrométrique (Calidad de los suelos. Medida del pH (KCl). Método electrométrico)

Solicitante:
Firma: _____
Nombre: _____

Visto Bueno Coordinador de laboratorio:
Firma: _____
Nombre: _____

PROTOCOLO 2.

PRACTICA N°	
Facultad:	Ciencias Agropecuarias
Programa Académico:	Ingeniería Ambiental
Núcleo Temático:	Grupo:
Docente:	José Ever Ramírez Calderón
Correo:	Ramical134@yahoo.es

NORMAS DE BIOSEGURIDAD BASICAS DE USO OBLIGATORIO:
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Protector naso bucal. ✓ Bata manga larga, cerrada en color blanco. ✓ Zapato cerrado en suela antideslizante ✓ Pantalón largo (holgado) ✓ Gorro desechable (cabello recogido) ✓ Gafas de laboratorio ✓ Guantes de vinilo o nitrilo <ul style="list-style-type: none"> • El uso de dispositivos electrónicos está limitado a la actividad académica que se esté ejecutando.

TITULO DE LA PRACTICA
DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYUCOS
OBJETIVO GENERAL
Conocer el contenido porcentual de Arena, Limo y Arcilla del suelo mediante el método de bouyoucos

INTRODUCCION

Las partículas suspendidas en el agua se asientan diferencialmente dependiendo de la cantidad de superficie por unidad de volumen. Las partículas de arcilla tienen una gran área superficial por unidad de volumen y se asientan lentamente, mientras que las partículas de arena se asientan rápidamente debido a su baja superficie específica.

Las muestras del suelo que se analizan se secan, muelen y tamizan en malla de 2mm. A las partículas inferiores a 2 mm se les trata con agua oxigenada. Calentando la mezcla a la plancha para eliminar la materia orgánica. Existe la idea errónea que al agregar agua oxigenada en frío al suelo, como prueba de campo, se está determinando materia orgánica, sin embargo esto es posible solo cuando se calienta. Otra consideración importante radica en el hecho de que comúnmente las partículas mayores a 2 mm de diámetro se eliminan; es decir. No se cuantifican y esta medida es útil para la caracterización de la pedregosidad.

ELEMENTOS EDUCATIVOS REQUERIDOS

(Equipos, Materiales, reactivos, herramientas con su respectiva cantidad)

Materiales, reactivos y equipos

- Muestra de suelo seco
- Balanza
- Agitador mecánico
- Pipeta de 10 ml
- Probeta de Bouyoucos de 1000 ml
- Hidrómetro de Bouyoucos
- Termómetro
- Cronómetro
- Solución de metasilicato de sodio al 5%
- Solución de oxalato de sodio al 5%
- Solución de peróxido de hidrógeno al 10%
- Solución de ácido clorhídrico al 20%

NOTA: Los reactivos de sodio para la determinación de textura pueden ser sustituidos al agregar 10 ml de una solución de hexametáfosfato de sodio ((NaPO₃)₆)

PROCEDIMIENTO Y/O MONTAJE EXPERIMENTAL

- 1.- Pretratamiento de la Muestra.
 - a.- Mezclar 150 gramos de suelo más 100 ml de agua destilada más 30 ml de H₂O₂
- 2.- Destrucción de Carbonatos
 - a.- Identificar carbonatos colocando 5 gramos de suelo en un vidrio de reloj agregando tres gotas de BaCl₂
- 3.- Si la Observación es más agregar 25 ml de Ácido Clorhídrico (HCl) a 1 N.
- 4.- Calentar la muestra durante 15 minutos y enfriar.
- 5.- Verificar el PH que está en un rango de 6 a 7.5. Si es > a 7.5 Agregar gotas de HCl Si es < a 6 Agregar gotas de NaOH. Dejar en el rango de 6 a 7.5

- 6.- Dejar Reposar el suelo durante 2.9 horas y eliminar toda el agua
- 7.- Secar hasta detectar las partículas de suelo.
- 8.- Una vez identificando los agregados separar las partículas gruesas de las finas.
- 9.- Pesar 50 gramos de textura fina más 10 ml de Nitrato de Sodio y verter en una probeta de 1000 ml y completar con agua el volumen. Agitar la muestra por 5 minutos y sumergir el hidrómetro, si presenta espuma y si no se puede leer agregar 5 gotas de alcohol amileo Leer el hidrómetro a 40" 120" 30' 60' 120' 180' 240' 300'. Por cada lectura tomar la temperatura
- 10.- Pesar 50 gramos de textura gruesa y repetir el paso 9 Sumergir y leer 40" 120" 30' 60' 120' 180' 240' 300'. Por cada lectura tomar la temperatura

ANALISIS, DATOS Y RESULTADOS

1. Una vez identificado los agregados separa las partículas gruesas de las finas mediante un tamiz.
2. Pesar 40 gramos de textura fina en la balanza granataria
3. Agregar 10 ml de nitrato de sodio y agitar la muestra por 5 minutos.
4. En la probeta de 500 ml verter la mezcla anterior completar con agua el volumen
5. Sumergir el termómetro y tomar la temperatura de la muestra
6. Sumergir el hidrómetro si se presenta espuma y no se puede leer agregar 8. gotas de alcohol amílico
7. 7. Tomar las lecturas del hidrómetro y del termómetro a 40" 120" 30' 60' 120' 180' 240' 300'.
8. 8. Pesar 40 gramos de textura gruesa.
9. 9. Repetir el mismo procedimiento de los puntos 3 al 7

BIBLIOGRAFIA

AFNOR 31 -1 07 Qualité des sols. Analyse granulométrique par sédimentation. Méthode de la pipette (Calidad de los suelos. Análisis granulométrico por sedimentación. Método de la pipeta)

Muñoz I. D. J., Mendoza C. A., López G. F., Soler A. A., Hernández M. M. M. 2000 Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.

Methodo of Bouyoucos

Solicitante:

Firma: _____

Nombre: _____

Visto Bueno Coordinador de laboratorio:

Firma: _____

Nombre: _____

PROTOCOLO 3.

PRACTICA N°	
Facultad:	Ciencias Agropecuarias
Programa Académico:	Ingeniería Ambiental
Núcleo Temático:	Grupo:
Docente:	José Ever Ramírez Calderón
Correo:	Ramical134@yahoo.es

NORMAS DE BIOSEGURIDAD BASICAS DE USO OBLIGATORIO:

- ✓ **Protector naso bucal.**
- ✓ **Bata manga larga, cerrada en color blanco.**
- ✓ **Zapato cerrado en suela antideslizante**
- ✓ **Pantalón largo (holgado)**
- ✓ **Gorro desechable (cabello recogido)**
- ✓ **Gafas de laboratorio**
- ✓ **Guantes de vinilo o nitrilo**

- El uso de dispositivos electrónicos está limitado a la actividad académica que se esté ejecutando.

TITULO DE LA PRACTICA

DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL SUELO

OBJETIVO GENERAL

Conocer la cantidad de sales que contiene un suelo por medio del método conductivimetria.

INTRODUCCION

La conductividad eléctrica es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, que generalmente se expresa en mmhos/cm o en mSiemens/m; la NOM-021-RECNAT-2000 establece dSiemens/m a 25°C. Es una

propiedad de las soluciones que se encuentra muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura del líquido y su contenido de sólidos disueltos. La determinación de la conductividad por medio del Manual de técnicas de análisis de suelos conductividad eléctrica es por lo tanto una forma indirecta de medir la salinidad del agua o extractos de suelo.

De acuerdo con los valores de conductividad eléctrica, pH y porcentaje de sodio intercambiable, los suelos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

a) Suelos salinos. Se caracterizan porque su extracto de saturación tiene un valor de conductividad eléctrica igual o superior que 4 mmhos/cm a 25°C y la cantidad de sodio intercambiable es menor de 15%. Por lo general tienen una costra de sales blancas, que pueden ser cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio, magnesio y sodio.

b) Suelos sódicos. Presentan un color negro debido a su contenido elevado de sodio. Su porcentaje de sodio intercambiable es mayor que 15, el pH se encuentra entre 8.5 y 10.0, y la conductividad eléctrica está por debajo de 4 mmhos/cm a 25°C. c) Suelos salino-sódicos. Poseen una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm a 25°C, una concentración de sodio intercambiable de 15% y el pH es variable, comúnmente superior a 8.5 (Muñoz et al., 2000).

La conductividad eléctrica se puede complementar con la determinación de Na⁺ o bases intercambiables (K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺). Principalmente si los suelos fueron contaminados con aguas congénitas.

ELEMENTOS EDUCATIVOS REQUERIDOS

(Equipos, Materiales, reactivos, herramientas con su respectiva cantidad)

Material y equipo

- Muestra de suelo seco y molida en un mortero.
- Balanza analítica.
- Frascos de plástico de boca ancha de 250 ml.
- Vaso de precipitado de 100 ml.
- Bureta.
- Espátula.
- Papel filtro.
- Embudo Buchner.
- Pipeta de 10 ml.

- Matraz Kitazato.
- Piceta con agua destilada.
- Bomba de vacío.
- Probeta.
- Conductímetro.
- Frascos.
- Agua destilada.
- Matraz aforado de 100 ml.

Soluciones

Solución estándar de cloruro de potasio (KCl) 0.1 N. Disolver 0.7455 g de KCl en agua destilada y aforar a 100 ml.

Solución estándar de cloruro de potasio (KCl) 0.01 N. Tomar una alícuota de 10 ml de la solución estándar de KCl 0.1 N y aforar a 100 ml.

PROCEDIMIENTO Y/O MONTAJE EXPERIMENTAL

Procedimiento

A. Preparación de la pasta de saturación.

1) Pesar 40 g de suelo seco y colocarlo en un recipiente de plástico, si el suelo es arenoso o areno-migajoso pesar 600 g.

Manual de técnicas de análisis de suelos

2) Agregar agua destilada con la bureta y mezclar con la espátula hasta Saturación.

3) Golpear el recipiente con cuidado sobre la mesa de trabajo para asentar el suelo.

4) La pasta estará lista cuando se observe un brillo en su superficie (formación de un espejo), esto no sucede en el caso de suelos con alto contenido de arcilla.

5) Anotar el volumen de agua gastado (ml).

6) Dejar reposar la pasta durante una hora y comprobar a criterio su saturación.

7) Tapar el recipiente y dejarlo reposar por tres horas, excepto suelos arcillosos que deben dejarse reposar 24 horas.

B. Obtención del extracto del suelo.

1) Colocar papel filtro sobre el embudo, humedecerlo con agua destilada, dejando drenar el exceso. Conectar el sistema de filtración al vacío.

2) Mezclar nuevamente la pasta y colocarla en el embudo y aplicar vacío.

3) Obtener un extracto de aproximadamente 50 ml.

C. Determinación de la conductividad eléctrica.

1) Calibrar el conductímetro. Antes de usar el medidor de conductividad debe calibrarse con una solución estándar. Para esto se requiere de dos soluciones de KCl, 0.1 N y 0.01 N, con cada una se ajusta el

equipo a la conductividad

ANALISIS, DATOS Y RESULTADOS

Cálculos

La unidad estándar de conductividad eléctrica es el siemens/metro ($S/m = Ohm/m$), pero para evitar la expresión de resultados en pequeñas fracciones decimales se usa generalmente una unidad más pequeña: el miliSiemens/metro (mS/m). Aunque la conductividad generalmente es reportada en $\mu mhos/cm$.

$1 mS/m = 10 \mu mhos/cm$.

Para convertir la conductividad eléctrica en unidades de salinidad se toma el valor de referencia de una solución de NaCl 0.05 N con una conductancia de $604 \mu mhos/cm$ a $25^{\circ}C$ como el factor, que al multiplicarlo por la conductividad expresa la salinidad.

Salinidad = $mhos / cm \times 604$.

BIBLIOGRAFIA

Muñoz I. D. J., Mendoza C. A., López G. F., Soler A. A., Hernández M.M. M. 2000 Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.

Garrido Valero, S. Interpretación de análisis de suelo. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 1994

Parra, N; Torres Bazurto, J. Determinación de parámetros físicos – químicos de suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 2003.

FAO. Metodos Fisicos y Quimicos de análisis de suelos y agua. Boletín del suelo de la FAO. 1984

Solicitante:

Firma: _____

Nombre: _____

Visto Bueno Coordinador de laboratorio:

Firma: _____

Nombre: _____

PROTOCOLO 4.

		PRACTICA N°	
Facultad:	Ciencias Agropecuarias		
Programa Académico:	Ingeniería Ambiental		
Núcleo Temático:	Trabajo de grado	Grupo:	
Docente:	José Ever Ramírez Calderón		
Correo:	Ramical134@yahoo.es		

NORMAS DE BIOSEGURIDAD BASICAS DE USO OBLIGATORIO:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Protector naso bucal. ✓ Bata manga larga, cerrada en color blanco. ✓ Zapato cerrado en suela antideslizante ✓ Pantalón largo (holgado) ✓ Gorro desechable (cabello recogido) ✓ Gafas de laboratorio ✓ Guantes de vinilo o nitrilo 	
<ul style="list-style-type: none"> • El uso de dispositivos electrónicos está limitado a la actividad académica que se esté ejecutando. 	

TITULO DE LA PRACTICA	
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y LAS BASES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, Na y K) EN SUELOS	

OBJETIVO GENERAL

IDENTIFICAR EL GRADO Y CONCENTRACION DE INTERCAMBIO CATIONICO EN SUELOS

INTRODUCCION

Las bases intercambiables presentes en el suelo, reaccionan con el acetato de amonio para formar acetatos que pasan al filtrado. Se eliminan el acetato de amonio que no ha reaccionado mediante lavados con alcohol etílico. El ion amonio que se ha fijado al suelo es nuevamente remplazado por sodio al agregue el coluro de sodio. Finalmente el aldehído fórmico reacciona con el cloruro de amonio formado para producir ácido clorhídrico el cual es valorado por titulación con hidróxido de sodio.

ELEMENTOS EDUCATIVOS REQUERIDOS

(Equipos, Materiales, reactivos, herramientas con su respectiva cantidad)

- Balanza electrónica con aproximación a 0,01g
- Agitador reciproco
- Bomba para filtración al vacío
- Erlenmeyer de 125mL con tapón de caucho
- Erlenmeyer de 250mL con desprendimiento lateral
- Embudo Buchner
- Papel de filtro cualitativo
- Frasco lavador
- Balón aforado de 250mL
- Pipeta graduada de 10mL
- Bureta de 25mL con soporte universal

PROCEDIMIENTO Y/O MONTAJE EXPERIMENTAL

1. REACTIVOS

- 1.1 . Acetato de Amonio 1N pH 7.00: pese 77,08g de acetato de amonio R.A. y disuelva en 500mL de agua destilada. Lleve a pH 7.0 empleando ácido acético o hidróxido de amonio según el caso. Lleve a volumen de un litro con agua destilada.
- 1.2 . Oxido de lantano al 10%: Pese 100g de óxido de lantano R.A. y disuelva en 500mL de agua destilada, agregue 250mL de ácido clorhídrico concentrado agitando permanentemente. Lleve a volumen de un litro con agua destilada. (Prepare en campana extractora)
- 1.3 . Alcohol etílico al 96%
- 1.4 . Cloruro de sodio al 10%: Pese 100g de Cloruro de sodio R.A. y disuelva en 500mL de agua destilada, lleve a volumen de un litro con agua destilada.
- 1.5 . Aldehído fórmico R.A. al 38%
- 1.6 . Hidróxido de sodio 0,1 N: Pese 4g de Hidróxido de sodio R.A. y diluir en 500mL de agua destilada, lleve a volumen de un litro. Titule un biftalato de potasio.
- 1.7 . Fenolftaleína al 1%: pese 1,00g de fenolftaleína y disuelva en alcohol etílico al 96%, lleve a 100mL.

2. PROCEDIMIENTO

- 2.1. Pese 5,00g de muestra tamizada (2mm) y agregue junto con 30mL de acetato de amonio 1N a un Erlenmeyer de 125mL con tapón de caucho.
- 2.2. Agite durante 20 minutos en agitador mecánico.
- 2.3. Filtre al vacío. Lave el Erlenmeyer con tres porciones de 10mL de acetato de amonio y filtre.
- 2.4. Pase cuantitativamente el filtrado a un balón aforado de 250mL. Agregue 1mL de óxido de lantano al 10% y lleve a volumen con AA. Este filtrado se empleara para la determinación de bases (Ca, Mg, Na y K) por absorción atómica.
- 2.5. Instale nuevamente el embudo con la muestra y lave ésta cinco veces con porciones de 10mL de alcohol etílico, filtre.
- 2.6. Deseche el filtrado y lave el Erlenmeyer con agua corriente y agua destilada.
- 2.7. Instale el embudo nuevamente y agregue 50mL de Cloruro de sodio al 10% en cinco porciones de 10mL.
- 2.8. Deseche el suelo y agregue al filtrado 10mL de aldehído fórmico y cinco gotas de fenolftaleína como indicador. Titule con hidróxido de sodio 0,1N, hasta que vire de transparente a rosa pálido. El color debe permanecer por lo menos 30 segundos. Registre el volumen de hidróxido gastado.
- 2.9. Titule un blanco compuesto por 50mL de Cloruro de sodio al 10% y 10mL de formaldehido. Registre el volumen gastado.

3. CALCULOS

Bases

- a) $Ca = LA \times 0,249Ca = \text{Calcio en el suelo en meq/100g de muestra}$
- b) $LA = \text{Lectura absorción atómica de Ca en mg/L}$
- c) $0,249 = \text{constante que involucra peso meq de calcio y la dilución suelo-solución extractora en meq x L/mg x g}$

- d) $Mg = LA \times 0,395$
- e) $Mg = \text{Magnesio en el suelo en meq/100g de muestra}$
- f) $LA = \text{Lectura de absorción atómica de Mg en mg/L}$
- g) $0,395 = \text{constante que involucra peso meq de magnesio y la dilución suelo – solución extractora en meq x L/mg x g}$

- h) $Na = LA \times 0,217$
- i) $Na = \text{Sodio en el suelo en meq/100g de muestra}$
- j) $LA = \text{Lectura absorción atómica de Na en mg/L}$
- k) $0,217 = \text{constante que involucra peso meq de sodio y la dilución suelo – solución extractora en meq x L/mg x g}$

- l) $K = LA \times 0,128$
- m) $K = \text{Potasio en el suelo en meq/100g de muestra}$
- n) $LA = \text{Lectura absorción atómica de K en mg/L}$
- o) $0,128 = \text{constante que involucra peso meq de potasio y la dilución suelo – solución extractora en meq x L/mg x g}$

Capacidad de Intercambio Catiónico

$$CIC = \frac{(V_m - V_B) \times N \times 100}{P_m}$$

Donde:

- a) $CIC = \text{Capacidad de intercambio catiónico en meq/100g}$
- b) $V_m = \text{Volumen de hidróxido de sodio gastado en la titulación de la muestra}$
- c) $V_b = \text{Volumen de hidróxido de sodio gastado en la titulación del blanco}$
- d) $N = \text{Normalidad del hidróxido de sodio empleado}$
- e) $P_m = \text{Peso de la muestra}$

ANÁLISIS, DATOS Y RESULTADOS

BIBLIOGRAFIA

Parra, N; Torres Bazurto, J. Determinación de parámetros físicos – químicos de suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 2003.

FAO. Metodos Fisicos y Quimicos de análisis de suelos y agua. Boletin del suelo de la FAO. 1984

IMP. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mexico, 2006.

Solicitante:
Firma:

Visto Bueno Coordinador de laboratorio:
Firma:

PROTOCOLO 5.

PRACTICA N°		
Facultad:	Ciencias Agropecuarias	
Programa Académico:	Ingeniería Ambiental	
Núcleo Temático:	Trabajo de Grado	Grupo:
Docente:	José Ever Ramírez Calderón	
Correo:	Ramical134@yahoo.es	

NORMAS DE BIOSEGURIDAD BASICAS DE USO OBLIGATORIO:

- ✓ **Protector naso bucal.**
- ✓ **Bata manga larga, cerrada en color blanco.**
- ✓ **Zapato cerrado en suela antideslizante**
- ✓ **Pantalón largo (holgado)**
- ✓ **Gorro desechable (cabello recogido)**
- ✓ **Gafas de laboratorio**
- ✓ **Guantes de vinilo o nitrilo**

- El uso de dispositivos electrónicos está limitado a la actividad académica que se esté ejecutando.

TITULO DE LA PRACTICA

DETERMINACION DE CARBONO ORGANICO EN SUELOS

OBJETIVO GENERAL

DETERMINAR LA CONCENTRACION DE CARBONO ORGANICO EN SUELOS

INTRODUCCION

El suelo es oxidado con una solución de dicromato de potasio estandarizada, utilizando el calor producido por la dilución de ácido sulfúrico concentrado, en la solución crónica (método modificado de Walkley Black). Por titulación con solución de sulfato ferroso se establece la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la materia orgánica presente en el suelo. La diferencia entre el dicromato inicial (blanco) y la cantidad que no ha sido reducida por la muestra corresponde al carbono orgánico presente en la misma.

ELEMENTOS EDUCATIVOS REQUERIDOS

(Equipos, Materiales, reactivos, herramientas con su respectiva cantidad)

- Balanza electrónica con aproximación a 0,01 g
- Campana extractora
- Dos Erlenmeyer de 250mL
- Frasco dispensador para 10mL
- Frasco dispensador para 5mL
- Frasco lavador
- Probeta graduada de 10mL
- Bureta de 25mL con soporte universal

REACTIVOS

- a) Dicromato de potasio 1.0 N: Pese 49,0317g de dicromato de potasio R.A. previamente macerado y seco durante dos horas a 105°C. Disuelva en 500mL de agua destilada y lleve a un litro con agua destilada.

- b) Ácido sulfúrico concentrado R.A.
- c) Ácido fosfórico concentrado R.A.
- d) Difenilamina: Pese 0,5g de difenilamina R.A. y disuelve en 20mL de agua destilada, agregue 100mL de ácido sulfúrico concentrado R.A. Enfría y envase en recipiente oscuro.
- e) Sulfato ferroso 1N: Pese 278g de sulfato ferroso heptahidratado R.A. disuelva en 50umL de agua destilada, agregue 20mL de ácido sulfúrico concentrado R.A. y complete a un litro con agua destilada

PROCEDIMIENTO Y/O MONTAJE EXPERIMENTAL

PROCEDIMIENTO

- Pese de 0,1g a 0,5g de muestra tamizada (2mm) según el color de esta, si es oscura debe pesar menos cantidad y si su color es claro debe pesar mayor cantidad. Coloque la muestra dentro del Erlenmeyer de 250ML
- Agregue 50mL de solución de dicromato de potasio 1N, empleando el frasco dosificador.
- En campana extractora agregue 10mL de ácido sulfúrico concentrado empleando la probeta de 10mL. Deje enfriar durante 15 minutos.
- Agregue agua destilada hasta un volumen de 100mL y 5mL de ácido fosfórico concentrado.
- Deje en reposo durante 10 minutos
- Agregue 20 a 30 gotas de difenilamina y titule con sulfato ferroso 1N, hasta que pase de color purpura oscuro a verde brillante. Registre el volumen de sulfato ferroso gastado.
- Titule un blanco de reactivos. Registre el volumen de sulfato ferroso gastado.

CALCULOS

$$1) \%CO = \frac{(Vb - Vm) \times N \times 0,003 \times 100}{Pm}$$

Donde

- a) %CO = Porcentaje de carbono organico
- b) Vm = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra
- c) Vb = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco
- d) N = Normalidad del sulfato ferroso empleado

- e) \cdot = 10/volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco
- f) 0,003 = peso miliequivalente del carbono en gramos
- g) Pm = peso de la muestra

2) $\%MO = \%CO \times 1,724$

Donde

- a) $\%MO$ = Porcentaje de material orgánica
- b) $\%CO$ = Porcentaje de carbono orgánico
- c) 1,724 = Constante de Van Bemmelen

3) $\%NT = \%MO/20$

Donde

- a) $\%NT$ = Porcentaje de nitrógeno total
- b) $\%MO$ = Porcentaje de materia orgánica

ANALISIS, DATOS Y RESULTADOS

BIBLIOGRAFIA

Parra, N; Torres Bazurto, J. Determinación de parámetros físicos – químicos de suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 2003.

FAO. Metodos Fisicos y Quimicos de análisis de suelos y agua. Boletin del suelo de la FAO. 1984

Piraneque Gambasica N; Vasquez Polo, J; Nuñez Imitola, V. Manual de procedimientos analíticos. Universidad del Magdalena. Colombia. 2014

Solicitante:

Firma:

Visto Bueno Coordinador de laboratorio:

Firma:

PROTOCOLO 6.

		PRACTICA N°	
Facultad:	Ciencias Agropecuarias		
Programa Académico:	Ingeniería Ambiental		
Núcleo Temático:	Trabajo de Grado	Grupo:	
Docente:	José Ever Ramírez Calderón		
Correo:	Ramical134@yahoo.es		

NORMAS DE BIOSEGURIDAD BASICAS DE USO OBLIGATORIO:

- ✓ Protector naso bucal.
- ✓ Bata manga larga, cerrada en color blanco.
- ✓ Zapato cerrado en suela antideslizante
- ✓ Pantalón largo (holgado)
- ✓ Gorro desechable (cabello recogido)
- ✓ Gafas de laboratorio
- ✓ Guantes de vinilo o nitrilo

- El uso de dispositivos electrónicos está limitado a la actividad académica que se esté ejecutando.

TITULO DE LA PRACTICA

**DETERMINACIÓN DE FÓSFORO DISPONIBLE EN SUELOS
MÉTODO BRAY II**

OBJETIVO GENERAL

**IDENTIFICAR LA CONCENTRACION DE FOSFORO DISPONIBLE EN EL
SUELO**

INTRODUCCION

La disponibilidad de fósforo en el suelo, se relaciona a una pequeña parte del fósforo total contenido en el suelo, reflejando parte del fósforo de la solución del suelo y aquella que se encuentra en la fase sólida, susceptible de ser asimilada por las plantas. El fósforo forma compuestos débilmente solubles con cationes divalentes y monovalentes. Por esta razón, la cantidad del fósforo de la solución suelo es muy pequeña.

Teniendo en cuenta el este método. La solución extractora Bray II disuelve algunos fosfatos fácilmente solubles en ácido como los fosfatos de calcio y una parte de los fosfatos de hierro y aluminio. En la solución ácida el fluoruro de amonio forma complejos con los fosfatos de hierro y aluminio. El fósforo extraído es cuantificado colorimétricamente por reacción con ácido cloromolibdico y cloruro estañoso, para formar un complejo de color azul cuya intensidad es proporcional a la cantidad de fósforo presente en la muestra.

ELEMENTOS EDUCATIVOS REQUERIDOS

(Equipos, Materiales, reactivos, herramientas con su respectiva cantidad)

MATERIALES Y EQUIPOS

- Balanza electrónica con aproximación a 0,01g
- Espectrofotómetro UV - Visible
- 2 vasos de precipitados de 100mL
- Frasco dosificador de 25mL
- Papel de filtro
- Tubos colorimétricos
- Pipeta aforada de 5mL
- 2 pipetas aforadas de 2mL
- Pipeta aforada de 1mL
- Pipeta graduada de 1mL
- Probeta de 100mL

REACTIVOS

- Solución extractora Bray II: Pese 1,11g de fluoruro de amonio R.A., disuelva en 500ml de agua destilada, agregar 8,33mL de ácido clorhídrico concentrado y llevar a un litro con agua destilada.
- Ácido cloromolibdico: Pese 15g de molibdato de amonio R.A. y disuélvalo en 300mL de agua destilada caliente a 50°C. Enfríe y adicionar lentamente 291.7mL de ácido clorhídrico concentrado R.A. agitando constantemente.

Deje enfriar y llevar a un litro con agua destilada. Prepare en campana extractora.

- Solución stock de cloruro estannoso: Disuelva 10g de cloruro estannoso R.A., en 25mL de ácido clorhídrico concentrado R.A. Envase en frasco oscuro y guardar refrigerado. Prepare en campana extractora.
- Solución diluida de cloruro estannoso: Diluya 0,5mL de solución stock de cloruro estannoso en 66mL de agua destilada. Prepare en el momento de hacer el análisis.
- Solución patrón de fósforo de 100 ppm.: Pese 0.4394g de fosfato monobásico de potasio R.A. (KH₂PO₄) previamente secado a 105°C durante 2 horas. Disuelva en agua destilada, agregar 20mL de ácido sulfúrico concentrado R.A.
- Soluciones patrón de fósforo de 0, 1, 2,5, y 10 ppm: Tome 0mL, 1mL, 2mL, 5mL y 10mL de solución patrón de 100 ppm. y llevar a 100mL con solución extractora Bray II, en balones aforados.

PROCEDIMIENTO Y/O MONTAJE EXPERIMENTAL

PROCEDIMIENTO

- Pese 2,85g de muestra tamizada (2mm) y agregar junto con 25mL de solución extractora Bray II a un vaso de precipitados de 100mL.
- Agite durante 40 segundos.
- Filtre la suspensión inmediatamente a través de papel de filtro, en otro vaso de precipitados.
- En un tubo colorimétrico mida con pipeta aforada y en ese orden, 5mL de agua destilada, 2mL del extracto, 2mL de ácido cloromolibdico y 1mL de cloruro estannoso diluido.
- Proceda de la misma manera con los patrones de 0, 1, 2, 5 y 10 ppm y con un blanco de reactivos.
- Lea la absorbancia de los patrones, las muestras y el blanco en espectrofotómetro U.V - Visible, a una longitud de onda de 660nm, antes de que pasen 10 minutos después de agregar el cloruro estannoso.
- Construya una curva de calibración donde se gráfica concentración vs absorbancia. El coeficiente de correlación debe estar por encima de 0,99. Obtenga la ecuación de la recta y con esta calcular la concentración de fósforo en el extracto. (Sólo se deben tener en cuenta los patrones cuya absorbancia este entre 0.1 y 0.9).

NOTA: Si la absorbancia de la muestra es superior a la absorbancia del patrón de 10 ppm. se debe hacer una dilución partiendo del extracto y desarrollar la coloración nuevamente con esta dilución.

CALCULOS

$$P = A \times D \times 8.77$$

P = Concentración de fósforo en el suelo en mg/Kg. (ppm.)

A = Concentración de fósforo en el extracto en mg/L (ppm.)

D = Factor de dilución del extracto, si no se ha diluido es 1.

8,77 = Constante de disolución del suelo en la solución extractora en L/Kg.

ANALISIS, DATOS Y RESULTADOS

BIBLIOGRAFIA

Parra, N; Torres Bazurto, J. Determinación de parámetros físicos – químicos de suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 2003.

FAO. Metodos Fisicos y Quimicos de análisis de suelos y agua. Boletin del suelo de la FAO. 1984

Quintero, C; Zorita, Diaz M; Barraco, M. Determinacion del Fosforo disponible en el suelo por el método de bray. Informaciones agronómicas del cono sur. Argentina. 2003.

Solicitante:

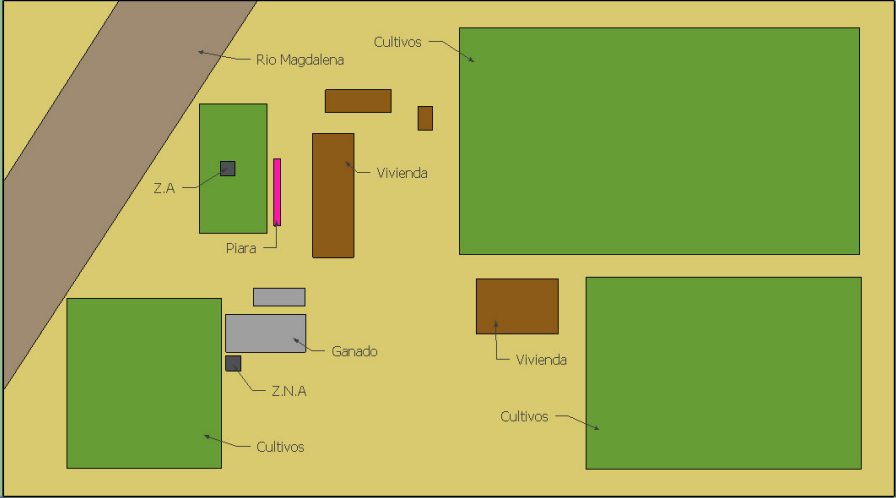
Firma:

Visto Bueno Coordinador de laboratorio:

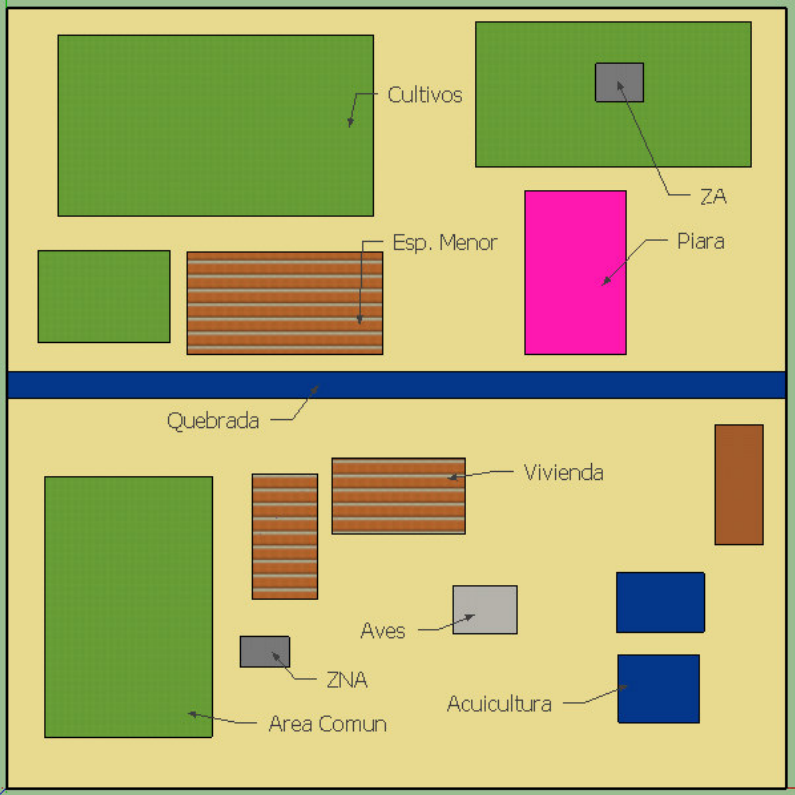
Firma:

Anexo D. Representación vista plana de las zonas de estudio

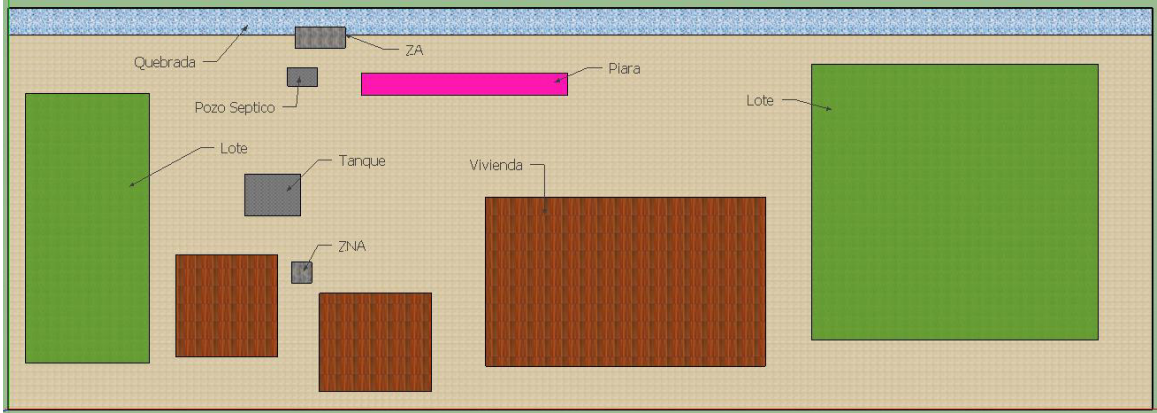
- Finca el Loro



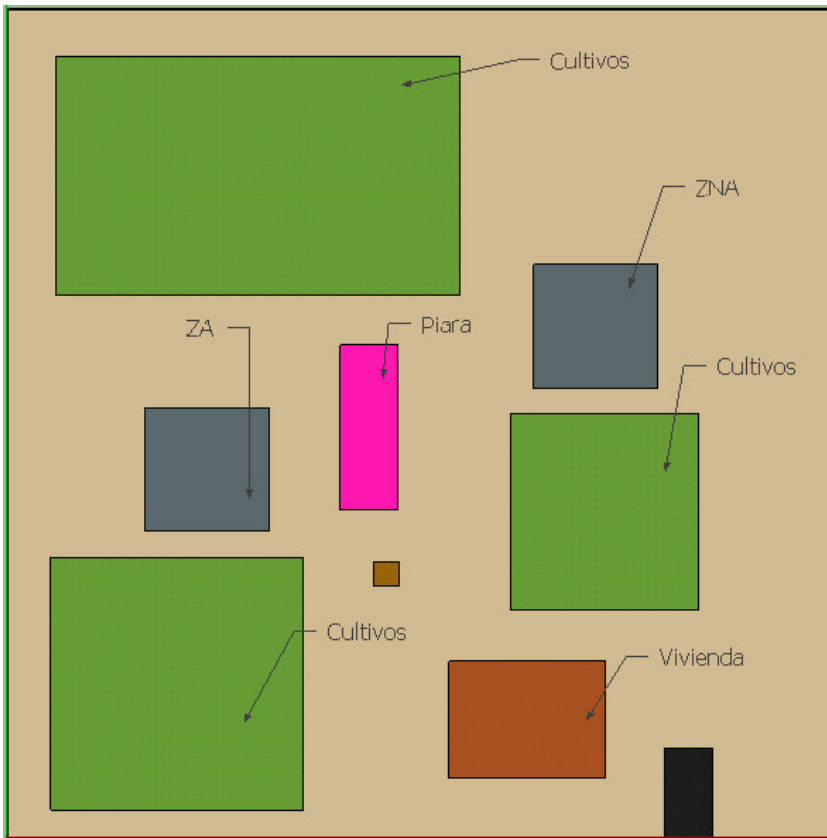
- Finca el Progreso



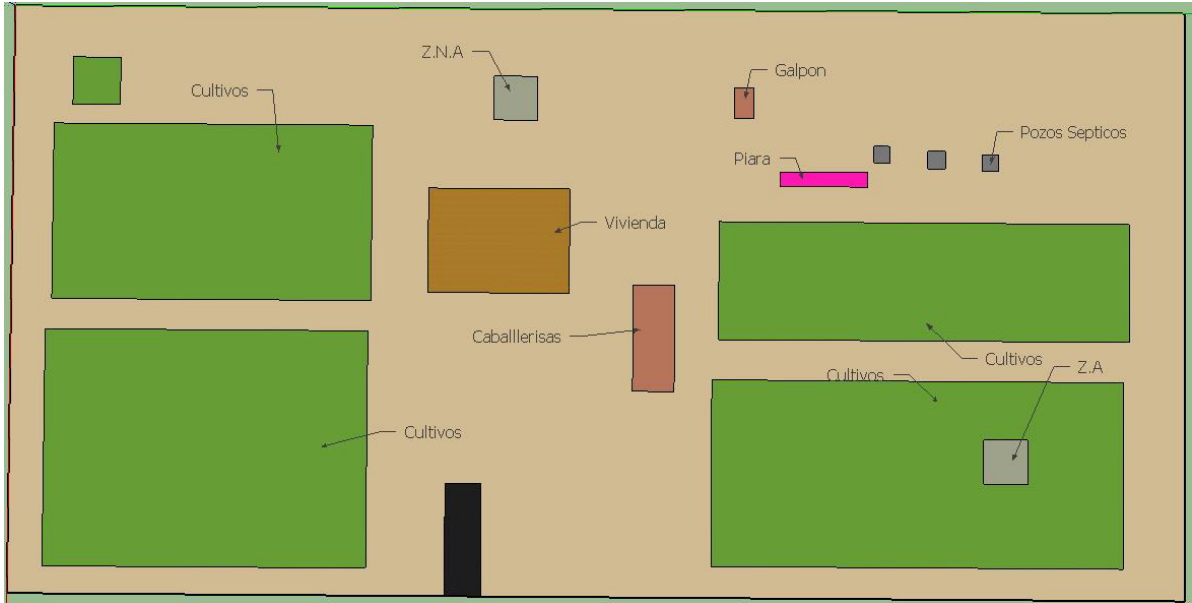
- Finca Naranjillo





- Finca Santa Rosa



- Finca la Toscana



Anexo E. Registro Fotográfico

Finca La Toscana	
Reconocimiento de la Granja	
 <p>Ingreso a la granja porcicola</p>	 <p>Zona de almacenamiento</p>



Interior de los lotes



Producto animal (Cerdos de ceba)



Sistema de tratamiento (Pozo Séptico)



Sistemas de tratamiento

Puntos de muestreo



Puntos de muestreo



Extracción de muestra

Finca El Loro

Reconocimiento de la Granja



Ingreso de la granja



Reconocimiento de lotes



Producción porcina



Comederos tradicionales

Puntos de muestreo



P1L



P2L



P3L



Presencia de Moteados



Registro de datos en campo



Medición in situ (pH)

Finca Santa Mónica

Reconocimiento de la granja



Porqueriza



Biodigestor



Producción



Sistemas agrícolas

Puntos de muestreo



P1S



P2S



Medición de T°



Área de Muestreo

Finca El Progreso

Reconocimiento de la granja



Porqueriza



Interior porqueriza



Comederos automáticos



Biodigestor



Finca el progreso



Presencia de sistema Piscícola

Puntos de muestreo



Determinación de Parámetros físicos In situ



Técnica de Muestreo



P1P



P2P



Presencia de Moteados



Técnica de Muestreo

Registro Fotográfico de Análisis de Laboratorio



Recepción de Muestras de Suelo



Preparación de extractos



Secado de Muestras



Tamizado de Muestras



Determinación de Textura



Determinación de CO



Determinación CIC



Determinación de P disponible



Análisis de CE



Preparación de muestras

Anexo F. Resultados de Análisis físico- químicos de los puntos de muestreo.

- Determinación de Fosforo Disponible

Muestra			P (mg/kg)
P1T	1,831699346	0,413	16,06
P2T	2,66503268	0,464	23,37
P3T	3,743464052	0,53	32,83
P4T	28,58006536	2,05	250,65
P1P	29,02124183	2,077	254,52
P2P	40,91666667	2,805	358,84
P3P	38,59640523	2,663	338,49
P4P	28,28594771	2,032	248,07
P1S	68,71078431	4,506	602,59
P2S	47,53431373	3,21	416,88
P3S	31,57026144	2,233	276,87
P4S	27,89379085	2,008	244,63
P1L	20,11601307	1,532	176,42
P2L	31,47222222	2,227	276,01
P3L	10,3120915	0,932	90,44
P4L	24,91993464	1,826	218,55
P1N	51,12908497	3,43	448,40
P2N	28,38398693	2,038	248,93
P3N	49,69117647	3,342	435,79
P4N	46,34150327	3,137	406,41

- Análisis de % CO y % MO en muestras de suelo.

Muestra	Peso muestra	Titulación (mL)	% CO	% MO	% NT	N gr/Kg
P1T	0,1	9,5	3	5,172	0,2586	2,586
P2T	0,2	10,2	0,45	0,7758	0,03879	0,3879
P3T	0,1	9,8	2,1	3,6204	0,18102	1,8102
P4T	0,1	8,6	5,7	9,8268	0,49134	4,9134
P1P	0,3	9,8	0,7	1,2068	0,06034	0,6034
P2P	0,3	10,1	0,4	0,6896	0,03448	0,3448
P3P	0,3	9,8	0,7	1,2068	0,06034	0,6034
P4P	0,3	10	0,5	0,862	0,0431	0,431
P1S	0,1	7	10,5	18,102	0,9051	9,051
P2S	0,1	8,6	5,7	9,8268	0,49134	4,9134
P3S	0,2	9	2,25	3,879	0,19395	1,9395
P4S	0,2	9,3	1,8	3,1032	0,15516	1,5516
P1L	0,2	9,7	1,2	2,0688	0,10344	1,0344
P2L	0,2	9,7	1,2	2,0688	0,10344	1,0344
P3L	0,2	8,8	2,55	4,3962	0,21981	2,1981
P4L	0,2	9,3	1,8	3,1032	0,15516	1,5516
P1N	0,2	8,3	3,3	5,6892	0,28446	2,8446
P2N	0,2	9,5	1,5	2,586	0,1293	1,293
P3N	0,3	9,7	0,8	1,3792	0,06896	0,6896
P4N	0,2	10,1	0,6	1,0344	0,05172	0,5172

- Análisis de Conductividad Eléctrica (CE) en los puntos de muestreo

Muestra	Conductividad (Us / cm)	Conductividad (ds / m)	Solidos Disueltos (ppm)	CaCO3 (ppm)
P1T	74,2	0,0742	53	37,1
P2T	22,3	0,0223	15,929	11,15
P3T	157,2	0,1572	112,286	78,6
P4T	203	0,203	145	101,5
P1P	133	0,133	95	66,5
P2P	92,5	0,0925	66,071	46,25
P3P	851	0,851	607,857	425,5
P4P	39	0,039	27,857	19,5
P1S	763	0,763	545	381,5
P2S	130	0,13	92,857	65
P3S	141	0,141	100,714	70,5
P4S	129,6	0,1296	92,571	64,8
P1L	163,4	0,1634	116,714	81,7
P2L	115,7	0,1157	82,643	57,85
P3L	140,3	0,1403	100,214	70,15
P4L	138	0,138	98,571	69
P1N	112,5	0,1125	80,357	56,25
P2N	94,6	0,0946	67,571	47,3
P3N	142,5	0,1425	101,786	71,25
P4N	1361	1,361	972,143	680,5

- Análisis de pH y Color en las muestras de suelo.

Muestra	Peso (g)	pH	Color Codigo Munsell
P1T	1218	6,33	y=3 / x=2 (very dark grayish brown)
P2T	1371,2	6,084	y=3 / x=1 (very dark gray)
P3T	1260,4	6,187	y=2 / x=2 (very dark brown)
P4T	1276,5	6,97	y=2,5 / x=1 (black)
P1P	1319	6,484	y=4 / x=6 (dark yellowish brown)
P2P	1514,3	6,5	y=5 / x=6 (yellowish brown)
P3P	1243,8	6,44	y=7 / x=8 (yellow 2,5)
P4P	1210,7	6,46	y=6 / x=8 (olive yellow 2,5)
P1S	956	7,19	y=2,5 / x=1 (black)
P2S	1327,9	6,76	y=3 / x=2 (very dark grayish brown)
P3S	1286,6	7,04	y=3 / x=3 (dark brown)
P4S	1563,4	7,5	y=3 / x=3 (dark brown)
P1L	1304,7	7,783	y=3 / x=2 (dark brown)
P2L	1365	6,46	y=4 / x=4 (café)
P3L	1377,4	6,544	y=3 / x=2 (dark reddish brown)
P4L	1720	6,79	y=3 / x=3 (dark brown)
P1N	1728,6	7,692	y=3 / x=6 (dark red)
P2N	1765,7	7,707	y=4 / x=4 (reddish brown)
P3N	1940,8	7,201	y=5 / x=6 (red)
P4N	1689,8	7,906	y=4 / x=8 (red)

- Análisis de Textura en los puntos de muestreo.

Peso en seco (g)	T1 °C	L 1	LC1	T2 °C	L 2	LC2	% Arenas	% Arcillas	% Limos	Suelo
765,4	22	20	20,86	23	14	15,23	60,86	30,46	8,68	Franco Arcilloso-Arenoso
838,1	22	24	24,86	23	12	13,23	50,28	26,46	23,26	Franco Arcilloso-Arenoso
818,7	22	19	19,86	23	12	13,23	60,28	26,46	13,26	Franco Arcilloso-Arenoso
808,3	22	18	18,86	22	0,9	1,76	62,28	3,52	34,2	Franco Arenoso
850,9	22	23	23,86	22	16	16,86	52,28	33,72	14	Franco Arcilloso-Arenoso
877,1	21	29	29,52	22,5	17	17,86	40,96	35,72	23,32	Franco Arcilloso
888,6	22	32	32,86	22,5	21	21,86	34,28	43,72	22	Arcilloso
882	21	28	28,52	22,5	18	18,86	42,96	37,72	19,32	Franco Arcilloso
550,3	22	0,3	1,16	23	0,1	1,33	97,68	2,32	0	Arenoso
849,4	22	18	18,86	23	10	11,23	62,28	22,46	15,26	Franco Arcilloso-Arenoso
869	22	15	15,86	23	0,6	1,83	68,28	3,66	28,06	Franco Arenoso
876	22	14	14,86	23	0,6	1,83	70,28	3,66	26,06	Franco Arenoso
701,1	22	37	37,86	23	13	14,23	24,28	28,46	47,26	Franco Arcilloso
706,8	22	33	33,86	23	10	11,23	32,28	22,46	45,26	Franco
707,8	22	41	41,86	24	11	12,61	16,28	25,22	58,5	Franco Limoso
883,7	22	10	10,86	23	0,4	1,63	78,28	3,26	18,46	Franco Arenoso
843	22	22	22,86	22	12	12,86	54,28	25,72	20	Franco Arcilloso-Arenoso
833,7	22	14	14,86	22,5	0,8	1,66	70,28	3,32	26,4	Franco Arenoso
837,2	22	24	24,86	22,5	16	16,86	50,28	33,72	16	Franco Arcilloso-Arenoso
949,9	22	28	28,86	22,5	15	15,86	42,28	31,72	26	Franco Arcilloso

- Análisis de % de Humedad en las muestras de suelo.

Muestra	Peso (g)	Peso en seco (g)	Diferencia (g)	Humedad %
P1T	1000	765,4	234,6	23,46
P2T	1000	838,1	161,9	16,19
P3T	1000	818,7	181,3	18,13
P4T	1000	808,3	191,7	19,17
P1P	1000	850,9	149,1	14,91
P2P	1000	877,1	122,9	12,29
P3P	1000	888,6	111,4	11,14
P4P	1000	882	118	11,8
P1S	1000	550,3	449,7	44,97
P2S	1000	849,4	150,6	15,06
P3S	1000	869	131	13,1
P4S	1000	876	124	12,4
P1L	1000	701,1	298,9	29,89
P2L	1000	706,8	293,2	29,32
P3L	1000	707,8	292,2	29,22
P4L	1000	883,7	116,3	11,63
P1N	1000	843	157	15,7
P2N	1000	833,7	166,3	16,63
P3N	1000	837,2	162,8	16,28
P4N	1000	949,9	50,1	5,01