

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE ESMERALDAS.**



ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

TEMA:

**PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA FINCA
MARANATHA PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA.**

AUTORA:

DE LA ESSE CEVALLOS DENISSE CAROLINE

ASESOR DE TESIS:

DRA. PATRICIA MOLLEDA

Esmeraldas-ECUADOR

2015

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE, previo a la obtención del título de Ingeniería en Gestión Ambiental.

Presidente tribunal de Graduación.

Lector 1.

Lector 2.

Decano de la facultad/ Director de Escuela.

Director de Tesis.

Fecha.

Yo, Denisse Caroline De La Esse Cevallos, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora y de la PUCESE.

FIRMA: _____

DENISSE CAROLINE DE LA ESSE CEVALLOS

CI: 0803584846

AGRADECIMIENTO.

Dejo constancia y gratitud a la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR SEDE EN ESMERALDAS, en especial a la Dra. Patricia Molleda, por su aporte valioso en la conducción, revisión y corrección del presente trabajo, de igual manera mi agradecimiento a las personas que impartieron sus conocimientos, contribución y asesoría para la realización de esta tesis.

A mis padres quienes son el pilar de mi vida y han apoyado y motivado mi formación académica, creyendo en todo momento en mis habilidades.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por ser quién me fortaleció y gracias a él culmino un ciclo más en
mi vida.

A mi familia quienes me dieron su apoyo y comprensión. A mis padres por su contribución
económica para la culminación de éste trabajo de investigación.

A mi abuela paterna, que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga
bien.

INDICE

Lista de Tablas	viii
Lista de Ilustraciones	ix
Lista de Anexos	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
1. Introducción	14
1.1 Marco Legal	15
1.2 Marco Teorico	18
1.2.1. Producción Más Limpia	18
1.2.1.1. Etapas de un programa de PML	19
1.2.2. Porcicultura	21
1.2.3. Humedales Artificiales	23
1.3. Objetivos	24
2. Materiales y Métodos	25
2.1. Descripción del área de estudio	25
2.2. Metodos	27
2.2.1. Método analítico, metodología de Producción Más Limpia.	27
2.2.2 Método experimental	29
3. Resultados.	40
3.1. Diagnóstico de la Finca Maranatha	40
3.1.1. Resultados de la evaluación de la finca maranatha con la herramienta check list	48
3.2. Resultados experimentales	51
3.2.1. Selección de especies	51

3.2.2. Resultados de los análisis de las muestras del agua residual pecuaria _____	52
3.2.3. Dimensionamiento del humedal artificial subsuperficial _____	53
3.2.4. Resultados de los análisis de las muestras del agua tratada en el humedal artificial piloto. _____	56
4. Discusión _____	58
5. Conclusiones _____	62
6. Recomendaciones _____	63
7. Referencia Bibliográfica _____	64
8. Anexos _____	71

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1	Datos para el dimensionamiento del humedal	34
Tabla 2	F.O.D.A	46
Tabla 3	Resultados de Check List de Instalaciones	48
Tabla 4	Resultados de Check List de Salud Animal	49
Tabla 5	Resultados de Check List de Inocuidad Alimentaria	49
Tabla 6	Resultados de Check List de Ambiente	50
Tabla 7	Análisis del cumplimiento de los pilares de Buenas Prácticas	50
Tabla 8	Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual	52
Tabla 9	Dimensionamiento del Humedal Artificial Subsuperficial a escala real	53
Tabla 10	Dimensionamiento del Humedal Artificial Subsuperficial a escala piloto	53
Tabla 11	Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua tratada.	56
Tabla 12	Análisis de costos de inversión	89
Tabla 13	Registro para el mantenimiento del equipo e instalaciones de la finca	91
Tabla 14	Ficha para el control de la implementación de buenas prácticas	91
Tabla 15	Hoja de control de la entrada de agua	91
Tabla 16	Hoja de control de la salida de agua	92
Tabla 17	Registros de residuos líquidos	92

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Figura 1 Diagrama de flujo estándar de una granja dedicada a la producción de cerdos.	22
Figura 2 Ubicación geográfica de la Finca Maranatha.	26
Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de producción porcina.	42
Figura 4 Diagrama de entradas y salidas de la producción porcina.	43
Figura 5 Análisis del cumplimiento de Buenas Prácticas Ganaderas.	51
Figura 6 Comparación de los análisis de las muestras de agua.	57
Figura 7 Diseño del Humedal Artificial de flujo subsuperficial horizontal.	79
Fotografía 1 Salvinia Biloba (azollas)	31
Fotografía 2 Eichhornia crassipe. (Jacintos de agua)	31
Fotografía 3 Pistia stratiotes. (Lechugas de agua).	32
Fotografía 4 Lemna mimor (Lentejas de agua).	32
Fotografía 5 Humedal artificial piloto.	37
Fotografía 6 Filtro de grava.	38
Fotografía 7 Excrementos	45
Fotografía 8 Infiltración del agua residual.	45
Fotografía 9 Pendiente	45
Fotografía 10 Sistema de tratamiento piloto.	54
Fotografía 11 Agua residual de la limpieza de corral.	54
Fotografía 12 Agua residual del sistema de depuración (A) y del filtro de grava (B).	55
Fotografía 13 Agua residual tratada.	55
Fotografía 14 Socialización del proyecto con el propietario.	70
Fotografía 15 Socialización del proyecto con el propietario.	72
Fotografía 16 Recolección de información sobre del proceso de producción porcina	70
Fotografía 17 Recolección de información sobre del proceso de producción porcina	72

Fotografía 18 Suelo degradado_____	71
Fotografía 19 Tubo de salida del corral. _____	73
Fotografía 20 Plantaciones aledañas al corral_____	71
Fotografía 21 Riachuelo_____	73
Fotografía 22 Laguna de Jacintos de agua. _____	74
Fotografía 23 Riego de planta acuática_____	72
Fotografía 24 Riego de planta acuática._____	74
Fotografía 25 Nueva ramificación en Eichhornia crassipes _____	75
Fotografía 26 Plantas acuáticas en proceso de aclimatación. _____	75
Fotografía 27 Toma de muestra físicoquímica_____	74
Fotografía 28 Toma de muestra de agua._____	76
Fotografía 29 Toma de muestra físicoquímica_____	74
Fotografía 30 Toma de muestra microbiológica. _____	76
Fotografía 31 Análisis microbiológico_____	75
Fotografía 32 Análisis Físico-químicos. _____	77
Fotografía 33 Refrigeración de las muestras. _____	77
Fotografía 34 Limpieza del corral_____	75
Fotografía 35 Recolección del agua residual. _____	77
Fotografía 36 Llenado de la planta piloto con agua residual. _____	78
Fotografía 37 Plantas acuáticas dentro del sistema de depuración. _____	78
Fotografía 38 Agua residual previamente tratada en el filtro de grava. _____	79

LISTA DE ANEXOS.

Anexo 1 Check List de Instalaciones _____	80
Anexo 2 Check List de Salud Animal _____	82
Anexo 3 Check List de Inocuidad Alimentaria _____	82
Anexo 4 Check List de Ambiente _____	83
Anexo 5 Plan de Aplicación de Técnicas de Producción más Limpia _____	83
Anexo 6 Formatos de cuadros de control de Buenas prácticas de P+L _____	91
Anexo 7 Manual Guía para la explotación porcina en la Finca Maranatha _____	93
Anexo 8 Lista de parámetros analizados en la primera muestra enviada al Laboratorio Químico Marcos _____	100
Anexo 9 Lista de los parámetros analizados en la segunda muestra enviada al Laboratorio Químico Marcos _____	101

RESUMEN

Este estudio se desarrolló en la Finca Maranatha, ubicada en el sector de Winchele, la finca se dedica a la cría de cerdos (un promedio de 20 a 35 cerdos), y esta labor antropogénica repercute en el medio ambiente. Es por ello por lo que mediante este trabajo se le brinda al propietario de la finca estrategias para una producción porcina rentable, a partir del uso eficiente del recurso hídrico y reducción de la contaminación en la fuente del proceso.

Inicialmente se aplicó la metodología de la Producción más Limpia, elaborándose el diagnóstico de las actividades que se llevan a cabo en la finca, se evaluaron las actividades por medio de la Herramienta Check List basándose en cuatro pilares de la Finca: Instalaciones, Ambiente, Salud Animal e Inocuidad Alimentaria, a partir de ello se reconocieron los principales impactos ambientales, y se elaboró un FODA para implementar recomendaciones, dichos asesoramientos son los que conforman el Manual de Buenas Prácticas Ambientales, el cual además está apoyado en las leyes ecuatorianas que regulan el sector ganadero. El problema principal de la finca es la generación de agua residual pecuaria producto del lavado de los corrales de cerdos, por ello se recomendó el uso del Humedal Artificial, por lo que fue necesario la construcción de uno a escala piloto. Para remediar el agua residual pecuaria se utilizaron plantas acuáticas, estas se recolectaron y se sometieron al proceso de aclimatación. Las plantas acuáticas que se colocaron en el Humedal artificial piloto fueron: *Eichhornia crassipe*, *Lemna minor* y *Salvinia Biloba*, el tiempo de retención del agua residual pecuaria dentro del Humedal fue de 18 horas. El Humedal Artificial Piloto en conjunto con el filtro de grava logró ser un 78% eficiente. Se tomaron muestras a las que se les practicaron análisis físico-químicos y microbiológicos en un laboratorio acreditado, las muestras fueron tanto del agua residual pecuaria como del agua tratada por el humedal artificial piloto, los parámetros seleccionados para los análisis físico-químicos y microbiológicos fueron en función de los Límites Máximos Permisibles (L.M.P.) de las Normas de Calidad de agua, del Libro VI, Anexo 1 del TULSMA.

ABSTRACT.

This study was developed in the Maranatha farm. It is located in the Winchile's area. The farm is dedicated to raise pigs (an average to 25 or 30 pigs). This anthropogenic activity have impacts on the environment. Consequently, the present study was intended to provide strategies to the farm owner in order to get a profitable pig production with the efficient use of the hydric resources and reducing pollution in the process.

At the beginning, the cleaner production methodology was applied. The diagnostic of the activities were carried out in the farm. The activities were evaluated through the Check list tool based on the four farm pillars. The facilities, environment, animal health and innocuous feeding. The main environmental impacts were identified and a SWOT was done, as a result, some recommendations come up to put into practice. The mentioned recommendations integrated "the good environmental practices handbook". In addition, the handbook is supported in the Ecuadorian laws that control the livestock sector. The main problem of the farm is the livestock wastewater generation as the result of the pig farmyards washing. Because of that, the use of an artificial wetland was recommended. It was built to scale. In order to treat the livestock wastewater. Aquatic plants were used in order to treat the livestock wastewater. They were gathered and under an acclimatization process. The following aquatic plants were used in the Artificial Wetland: *Eichhornia crassipe*, *Lemna minor* y *Salvinia Biloba*. The retention time of the livestock wastewater inside the wetland lasted 18 hours. The Artificial Wetland with the gravel filter was 78% efficient. An accredited laboratory was in charge to practice physical-chemical and microbiological analysis to some taken samples. The analysis samples were from the livestock wastewater as well as water treated by the Artificial Wetland. The physical, chemical and microbiological parameters were selected basing on the L.M.P of the Water Quality Standards, Book VI Annex 1 of TULSMA.

1. INTRODUCCIÓN:

El agua es el elemento más importante y abundante del planeta tierra, nuestra existencia, así como las actividades económicas dependen totalmente del agua. Los recursos hídricos se ven afectados por múltiples actividades antropogénicas como la agricultura, la industria y el consumo doméstico (INE, 2008).

Según la ONU (2005), las actividades agrícolas y ganaderas son las que más demandan el recurso hídrico. Estas actividades se pueden desarrollar de manera sostenible si se adoptan estrategias como la Producción más Limpia, que es una estrategia que busca cambiar un proceso ineficiente de control de la contaminación, a un proceso eficiente de prevención de la contaminación desde su punto de origen, por medio de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía (CNP+LH, 2009).

El lugar donde se realizó el estudio fue la Finca Maranatha, en ella se desarrollan actividades ganaderas, ésta posee un inadecuado manejo de residuos líquidos y sólidos, siendo éste su principal problema; producto de ello, su entorno presenta un aspecto desagradable, sobre todo por la presencia de vectores ambientales (moscas, ratas, etc.), y malos olores. La mayor preocupación es la gran cantidad de agua que se utiliza para el lavado de los corrales de cerdos y luego sin previo tratamiento es usada para el riego de plantaciones que se encuentran alrededor de la finca. Este trabajo plantea propuestas que orienten al propietario de la Finca Maranatha a la implementación de prácticas de producción más limpia como una técnica capaz de lograr una gestión eficaz y sostenible, por medio del uso de tecnologías adecuadas, y disponibles en el país, así mismo, se incluirá la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales, se plantea la fitorremediación, que es una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a una serie de mecanismos para reducir los contaminantes (Jaramillo y Flores, 2012).

1.1 MARCO LEGAL

La Constitución del Ecuador (2008), como máxima ley reguladora establece:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MAGAP, LIBRO II, establece:

Título VI; DEL CONTROL DE GRANJAS DE GANADO PORCINO

Capítulo I: Clasificación de granjas de ganado porcino.

Art. 1.- Para los efectos de la presente, las granjas de ganado porcino se clasifican en los siguientes grupos:

Grupo 1: Granja de ganado porcino completa, la que se dedica a la producción y crianza de cerdos hasta el engorde y acabado final.

Grupo 2: Granja de ganado porcino productora, la que se dedica a mantener animales reproductores y vender lechones destetados para cría o engorde.

Grupo 3: Granja de ganado porcino de crecimiento y engorde, la que se dedica a comprar cerdos destetados para alimentarlos hasta que alcancen el peso deseado para el mercado.

Art. 2.- Para la aplicación de la presente norma, se reconoce la siguiente clasificación etaria en el ganado porcino:

- a) Reproductores (as);
- b) Lechones (desde el nacimiento hasta los 56 días de edad);
- c) Chanchillas (desde los 56 días hasta los 7 meses de edad);
- d) Cerdos de levante o crecimiento (desde los 56 días hasta los 5 meses de edad); y,
- e) Cerdos de engorde ceba (desde los 5 meses hasta los 7 1/2 meses o más de edad).

Capítulo II: De la instalación de granjas de ganado porcino

Art. 3.- Las personas naturales o jurídicas que deseen dedicarse a instalar granjas y explotar ganado porcino; previa a la autorización que deberá otorgar el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, SESA, presentarán:

- Solicitud dirigida al Director y/o jefes provinciales del SESA, anexando lo siguiente:

- a. Planos de corte vertical y horizontal de las construcciones;
- b. Clasificación de la granja porcina;
- c. Autorización del Ministerio del Ambiente sobre el impacto ambiental;
- d. Autorización municipal;
- e. Croquis de ubicación de la granja porcina, indicando provincia, cantón, parroquia y localidad;
- f. Distancia a la granja porcina más próxima;
- g. Certificación de que dispone de agua potable y energía eléctrica;
- h. Razas de cerdos a explotarse;
- i. Copia de la licencia profesional del médico veterinario asesor.

Capítulo III: De las construcciones

Art. 5.- Los galpones en donde se alojará el ganado porcino, necesariamente serán construidos de bloque o ladrillo, enlucidos de cemento, hasta una altura máxima de 1,5 metros; pudiendo completarse la construcción con materiales como: madera, hierro, cemento armado, tejas, zinc; el piso será de hormigón no enlucido con una inclinación de 4 grados a 6 grados, con destino a la salida del ducto de los desechos.

Los galpones dispondrán de las divisiones necesarias para alojar a las diferentes etapas de producción de cerdos (reproducción, gestación y maternidad, destete, crecimiento, engorde).

Las granjas dispondrán de oficina, bodegas, baterías sanitarias, etc.

Capítulo V: De las aguas servidas

Art. 7.- Queda terminantemente prohibido evacuar directamente a: ríos, quebradas o alcantarillado público, los desechos, desperdicios, materias fecales o aguas servidas provenientes de la granja.

Éstas previamente deben ser almacenadas y tratadas en piscinas para sedimentación, decantación y oxidación, para luego ser evacuadas o recicladas.

EL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DE AMBIENTE, LIBRO VI, Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, manifiesta que: Las aguas residuales son provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

Según el criterio de calidad de aguas de uso agrícola o de riego, se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma (Tabla 6).

Decreto Ejecutivo N° 1 449, de fecha 22 de noviembre del 2008 publicado en el Registro Oficial 479, el 2 de diciembre de 2008 establece en el artículo 3, inciso cuarto, que se diseñe, implemente y promueva la norma “Buenas Prácticas Agropecuarias”, que comprende el conjunto de prácticas y procedimientos productivos que se orientan a garantizar la calidad, inocuidad, protección del ambiente y la salud de los trabajadores agropecuarios, integrando en la misma los diversos requerimientos de la normativa internacional.

1.2 MARCO TEORICO

Este apartado contiene los fundamentos científicos tomados como base para el desarrollo de este estudio:

1.2.1. Producción Más Limpia.

La Producción más Limpia es una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. Así mismo, su idea básica es reducir al mínimo o eliminar los residuos y emisiones en la fuente. (SISMA S.A, 2005).

Ésta posee niveles de aplicación, que no solo se limitan a prevenir la contaminación por medio de la optimización de procesos o el cambio en la tecnología de producción, también se aplica a los productos y servicios (Arrobo, 2011).

En los procesos de producción, se busca la eliminación o reducción de las materias primas tóxicas, la reducción de emisiones, vertidos, desechos y el uso eficiente de los recursos. En el desarrollo y diseño del producto, se busca una mayor eficiencia en cada etapa del ciclo de vida del producto. En los servicios, incorpora las prácticas ambientales en su diseño y prestación para garantizar el uso adecuado de recursos como materiales, insumos, agua y energía (Fúquene, 2007).

Según el PNUMA, las ventajas de PML son:

- Implica un proceso continuo, no es una actividad de una sola vez.
- No se limita a las industrias o empresas de un cierto tipo y / o tamaño.
- Se mueve hacia un equilibrio entre la disponibilidad y consumo de materia prima (incluyendo agua) y energía.
- No niega el crecimiento de la empresa, sino más bien busca que su producción sea ecológicamente sostenible.

- Se refiere al enfoque de la producción de bienes y prestación de servicios con un mínimo impacto ambiental, teniendo en cuenta los límites tecnológicos y económicos del momento.
- No se limita solamente a la minimización de los residuos, sino que emplea un contexto más amplio, y se utiliza el término "impacto" en el ciclo de vida.
- Se ocupa de los problemas de salud y seguridad, y hace hincapié en la reducción de su riesgo (UNEP/UNIDO, 2004).

El enfoque tradicional que han venido manejando las empresas es el denominado “fin de tubo”, este enfoque de “fin de tubo” no resuelve el problema de contaminación, por el contrario es capaz de trasladar la contaminación a otro sitio (Beverley, 1999).

Por lo cual la implementación de un programa de PML es de carácter integral, llevándose el proceso de implementación de forma sistemática y no sobre una base generalizada (UNEP/UNIDO, 2004).

1.2.1.1. Etapas de un programa de PML

Etapa 1: Planificación y Organización:

Involucrar y obtener el compromiso de la gerencia, este compromiso es la fuerza impulsadora para el desarrollo de un proyecto de producción más limpia, pues implica disponer de recursos materiales, humanos y financieros para lograr los objetivos que espera la gerencia (Consultoría Informativa de la Casa Consultora Disaic, 2005). Para ello es necesario establecer un diálogo abierto, franco y convincente con la administración para demostrar a cuánto ascienden las pérdidas en la producción, traducidas a valor monetario, por no aplicar y/o introducir las recomendaciones de PML (Prévez y Sánchez, 2007).

Uno de los problemas más comunes en el desarrollo y la implementación de un programa de PML es la resistencia al cambio, por lo que es vital concienciar al personal de los beneficios de PML no solo para la empresa sino los beneficios directos hacia ellos (Needham, Ruppin, y Browne, 2000).

Etapa 2: Evaluación de la planta: Esto incluye la recolección de la información de los procesos que se llevan a cabo en la empresa, de modo que se llega a establecer el alcance general del proyecto (UNEP, 1999).

Se realiza un diagnóstico ambiental con las informaciones existentes en la empresa. Esta recopilación debe tener en cuenta el tamaño, la naturaleza y la complejidad de la empresa. Esta información es muy valiosa para entender y tener una idea clara sobre los procesos de la planta, especialmente de aquellos que generen contaminación y/o energéticamente no sean muy eficientes (CET, 2005).

También es necesario el desarrollo y estudio del diagrama de flujo, para verificar las entradas y salidas con datos existentes (UNEP/UNIDO, 2004).

Etapa 3: Evaluación de implementación: en esta etapa se genera conocimiento del proceso y la obtención de un conjunto amplio de oportunidades de PML. Se seleccionan las opciones de PML, de acuerdo a las prioridades definidas, estableciendo una secuencia de implantación. Una vez que han sido generadas las opciones de PML, éstas deben ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación, rentabilidad etc. En esta etapa no debe eliminarse ninguna opción a menos que sea obviamente no factible y por último las opciones similares deben de fusionarse (CET, 2005).

Etapa 4: Implantación y Planes de Seguimiento: El objetivo de esta última es asegurar que las opciones seleccionadas se apliquen, y que los programas de PML sean monitoreados continuamente.

1.2.2. Porcicultura.

La porcicultura es conocida como la crianza de cerdos que tiene diferentes niveles de tecnificación que varía según el tipo de explotación agropecuaria. El nivel tecnológico, que se emplea en el país en relación con los sistemas de producción para el rubro porcino, son dos: el tradicional y el tecnificado. El tradicional se caracteriza por tener un bajo nivel de inversión, pocas instalaciones, un pie de cría que no siempre es encastado, utilización de alimentos locales y solamente implementar algunos controles sanitarios. En cambio el tecnificado, dispone de un mayor nivel de inversión, posee instalaciones adecuadas, hatos de buen nivel, un alto uso de alimentos balanceados (concentrados, etc.) y en general poseen altos rendimientos en relación a los índices de producción (Pérez, 2010).

Para llevar a cabo la producción de cerdos se debe contar con las siguientes características: El encierro del animal, facilitando su alimentación, manejo y salida oportuna al mercado, mantener una alimentación controlada y compuesta por una porción mínima de concentrado y sobre todo que el lugar para establecer el corral de cerdos debe ser lo más alejado posible de las fuentes de agua y de las casas de habitación (CNP+LH, 2009).

Entre los aspectos importantes en el manejo de la producción Porcina tenemos:

La porción de concentrado se puede dividir en 2 partes. Por lo general una parte se suministra en la mañana y otra en la tarde, por lo tanto será necesario lavar el piso del encierro dos veces al día. Cuando se lleva a cabo la limpieza del corral, es conveniente aprovechar los desechos de la limpieza. Un ejemplo claro es el establecimiento de un biodigestor. Si no se cuenta con un biodigestor, los desechos se deben recoger dos veces al día y aprovecharlos en la elaboración de abono o enterrarlos en una fosa. De esta forma se evitan los malos olores y la proliferación o desarrollo de moscas (CNP+LH, 2009).

Los impactos ambientales de la actividad porcina suelen ser en general:

- Contaminación del agua superficial y del subsuelo por el nitrógeno y fósforo contenido en las excretas (Taiganides, 1992).
- Deterioro de la calidad del aire por la generación de gases tóxicos, principalmente dióxido de carbono, (CO₂), amoníaco (NH₃), ácido sulfhídrico (H₂S) y metano

(CH₄), que afectan a los trabajadores de la granja, a las poblaciones vecinas y a los propios cerdos (Robinson, 1993).

- Contaminación microbiológica en la aplicación de excretas a terrenos agrícolas y pérdida de biodiversidad por erosión genética (Drucker, 2001).

Los impactos ambientales de la porcicultura se derivan, básicamente, de la adopción de un modelo particular de crecimiento que tiene las siguientes características:

- Concentra enormes cantidades de animales en un número cada vez más reducido de unidades productivas.
- Emplea sistemas de alimentación ricos en proteínas que el aparato digestivo del cerdo no puede asimilar en su totalidad.
- No hay preparado personal capacitado en el manejo de residuos.
- Escaso conocimiento de la legislación ambiental, fiscal y de las normas vigentes (Pérez, 2010).

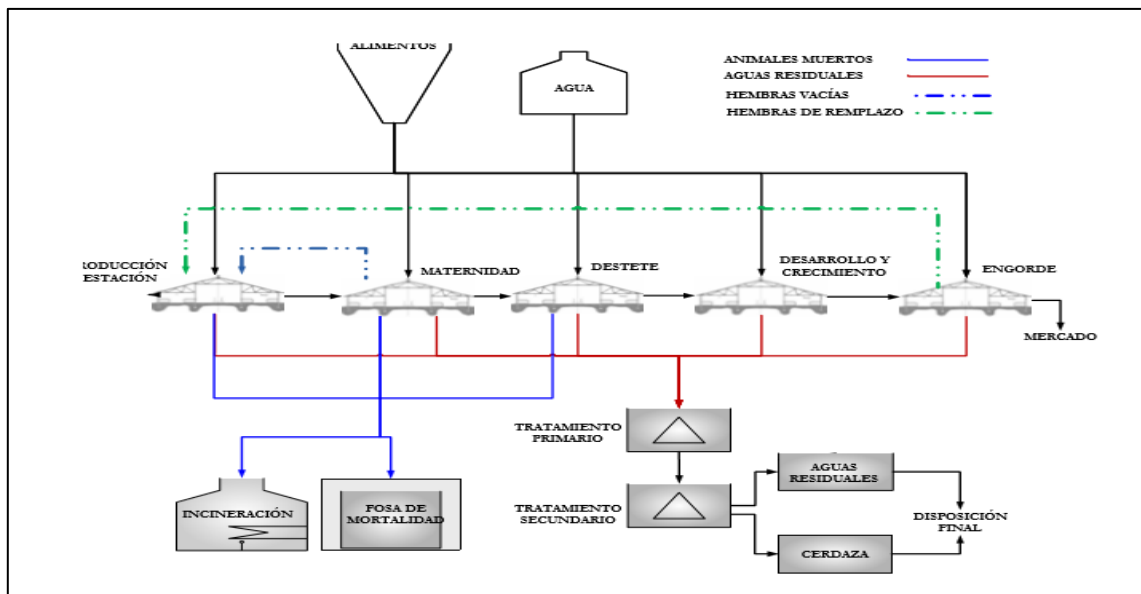


Figura 1. Diagrama de flujo estándar de una granja dedicada a la producción de cerdos.

Fuente: Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras (CNP+LH, 2009).

1.2.3. Humedales artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de Fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente (Fernández, 2004).

Estos sistemas purifican el agua mediante remoción de la materia orgánica, oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo (Cooper, 1996). Los humedales eliminan contaminantes por medio de varios procesos que encierran sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización (Delgadillo *et al.*, 2010).

1.3. OBJETIVOS:

Objetivo General:

Proponer una metodología de Producción más Limpia en La Finca Maranatha para el uso eficiente de aguas residuales asociadas a la producción porcina.

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar el desempeño del ciclo productivo y los niveles de contaminación de la Finca Maranatha asociado a la producción de cerdos.
- Proponer alternativas de producción más limpia en el desarrollo del ciclo productivo de ganado porcino que le permita el tratamiento de aguas residuales sin empleo de químicos.

2. MATERIALES Y MÉTODO.

2.1 Descripción del Área de Estudio:

La Finca Maranatha, está ubicada en el sector de Winchele al sur de la ciudad de Esmeraldas, vía a San Mateo. Posee 48 hectáreas, dentro de ella se desarrolla la cría de ganado vacuno, equino y porcino.

El número de cerdos que posee el propietario de la finca, varía entre 20-35, manejando el ciclo completo de producción, por lo tanto se encuentra en la categoría de “*Granjas con 20 hasta menos de 50 animales*” como se estratificó en el Censo Porcícola 2010 y pertenece al *Grupo 1 de granjas porcinas* como clasifica el TULMAG.

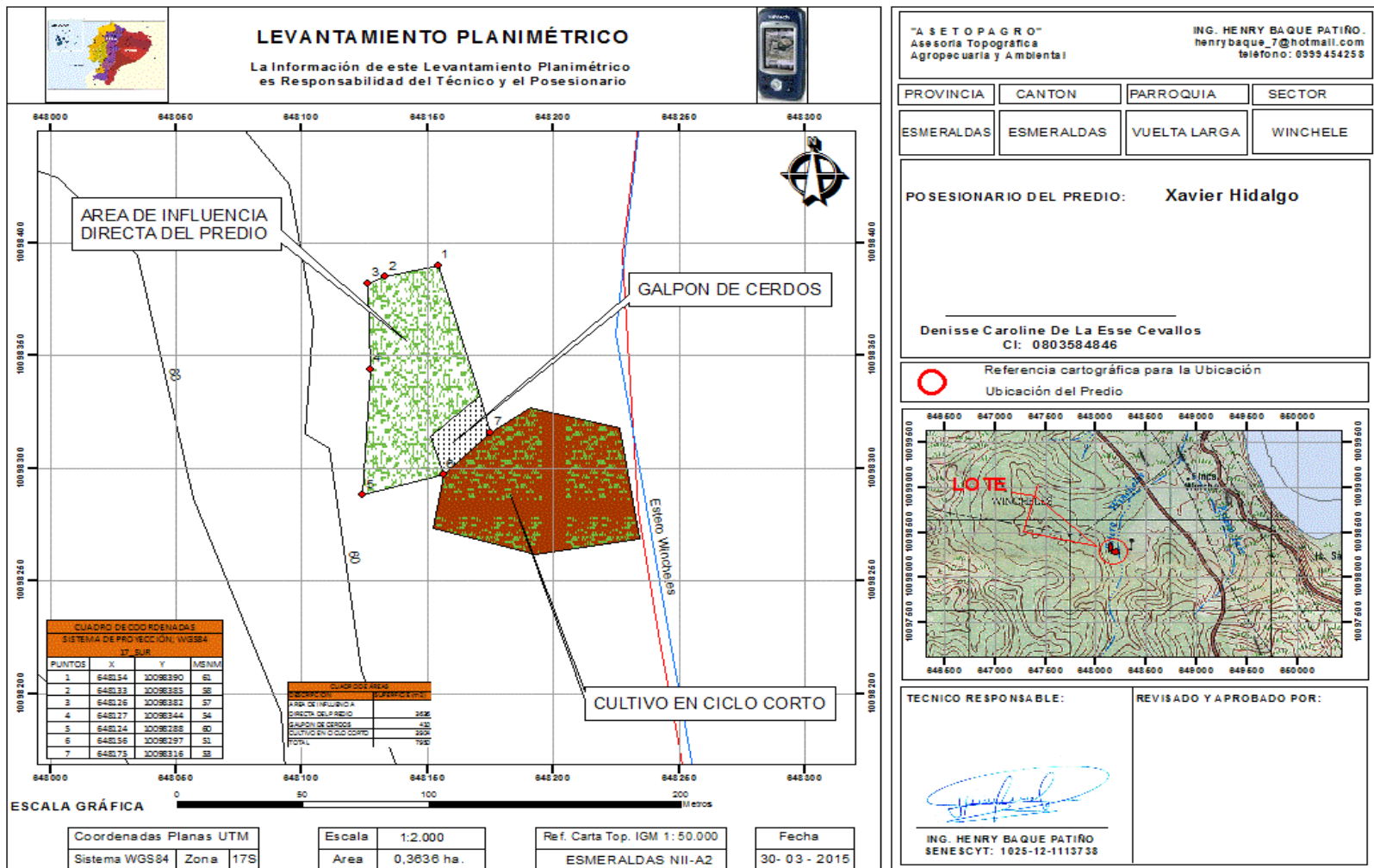


Figura 2. Ubicación geográfica de la Finca Maranatha.

2.2. METODOS EMPLEADOS:

Los métodos utilizados en el desarrollo del presente trabajo fueron:

- a. Analítico: Para la identificación de cada una de las partes de los procesos productivos para establecer la relación causa-efecto;
- b. Experimental: Se utilizó para conocer la calidad del agua residual pecuaria, para ello se debieron adquirir muestras a las que se les practicaron análisis físico-químicos y microbiológicos en un laboratorio acreditado.

2.2.1. Método Analítico, Metodología de Producción más Limpia.

Al ser el presente proyecto de naturaleza propositiva, de las cuatro fases que se establecen en la Producción Más Limpia, se desarrollaron sólo las tres primeras, evitando así la fase de implementación ya que involucraría de mayores esfuerzos e inversiones económicas.

Según GTZ (2002), las fases de la P+L son:

1. Planeación y Organización del programa
2. Evaluación de la planta
3. Evaluación de la implementación
4. Implementación

Para cada etapa se realizaron las siguientes acciones:

1. Planificación y organización del programa: Consistió en establecer un compromiso con el propietario de la finca mediante diálogo sobre los principios de la Producción Más Limpia, recalándose sus ventajas, beneficios económicos, etc., para esto se suscribió una carta de responsabilidad para tener un respaldo de acceso a la hacienda, mientras transcurrió la ejecución del proyecto.

2. Evaluación de la planta: Esta etapa es de gran importancia y resultó crucial pues involucró el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo, la identificación de los principales problemas en la producción y de los impactos ambientales negativos, con dicha información se realizó un diagrama de flujo (**Figura 3**) y balance de masas (**Figura**

4) y por último se elaboró un FODA (**Tabla 2**); en el FODA se establecieron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. A partir de este análisis surgieron las principales recomendaciones de mejora (GTZ, 2002).

3. **Evaluación de la implementación:** En este apartado se conversó nuevamente con el propietario para socializar los avances en la evaluación de las actividades de su propiedad, poniendo énfasis en la lista de recomendaciones de mejora. Se tomaron en cuenta las inquietudes presentadas por el empresario en cuanto a la viabilidad de poner en práctica la lista completa de recomendaciones, ya que la capacidad económica del empresario suponía una restricción en inversión, es por ello por lo que se procedió a reducir la lista de recomendaciones. (GTZ, 2002).

2.2.1.1 Evaluación de la Finca Maranatha con la Herramienta Check List.

Para reforzar la apreciación de los procesos de producción de la finca, se aplicó un modelo de evaluación de impactos, llamado Check List de Escala Simple, de acuerdo a la Sociedad Latinoamericana para la Calidad (2010), este es un tipo de evaluación subjetiva numérica cualitativa, que ayuda a definir un problema y organizar las ideas, y que además se utiliza para identificar información específica que se requiere para completar la descripción de un problema. Este instrumento se implementó para auditar de manera exhaustiva cada uno de los aspectos de la Finca Maranatha y permitió identificar los puntos críticos que serán necesarios tomar en cuenta al momento de realizar el manual de Buenas Prácticas Ambientales o Producción más Limpia (P+L). Para evaluar el funcionamiento de la Finca Maranatha el análisis se centró en cuatro pilares: instalaciones, salud animal, inocuidad alimentaria y ambiente, porque son los principales aspectos al momento de evaluar el funcionamiento de una finca. Estos pilares fueron tabulados y expresados en gráficas (Albuja, 2012).

Los valores asignados respondieron a los siguientes criterios:

- 0: incumplimiento total.
- 1: cumplimiento parcial.
- 2: cumplimiento satisfactorio.

2.2.2 Método Experimental

Esta fase consistió en el diseño de un sistema de depuración de aguas residuales provenientes del plantel de cerdos, se emplearon plantas acuáticas dentro de un humedal artificial piloto de bajo coste para el tratamiento del agua residual pecuaria. En este diseño experimental piloto se desarrollaron las siguientes acciones:

2.2.2.1. Recolección de plantas acuáticas y aclimatación en agua residual pecuaria.

Las plantas acuáticas son fundamentales en estos sistemas siendo sus principales funciones: Airear el sistema radicular ¹ y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera². Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo). Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos. Las principales macrófitas acuáticas flotantes que se han estudiado en sistemas de depuración de aguas residuales, son: la lenteja de agua o Lemna (*Lemna minor*), la azolla (*Salvinia Biloba*) y el Jacinto acuático (*Eichhornia crassipe*), estas especies son del grupo de plantas que con más intensidad se han evaluado en ambientes tropicales como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural (Velásquez *et al.*, 2010; García, 2012).

Las macrófitas acuáticas que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto fueron:

- Jacinto de agua (*Eichhornia crassipe*): Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes. Poseen un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de las plantas acuáticas, así mismo, retienen en sus tejidos metales pesados (cadmio, mercurio, arsénico). Además remueve algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles,

¹ Sistema radicular: Conjunto de las raíces de una misma planta (García, 2012; González, 2002)

² Rizósfera: Es una zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo (García, 2012)

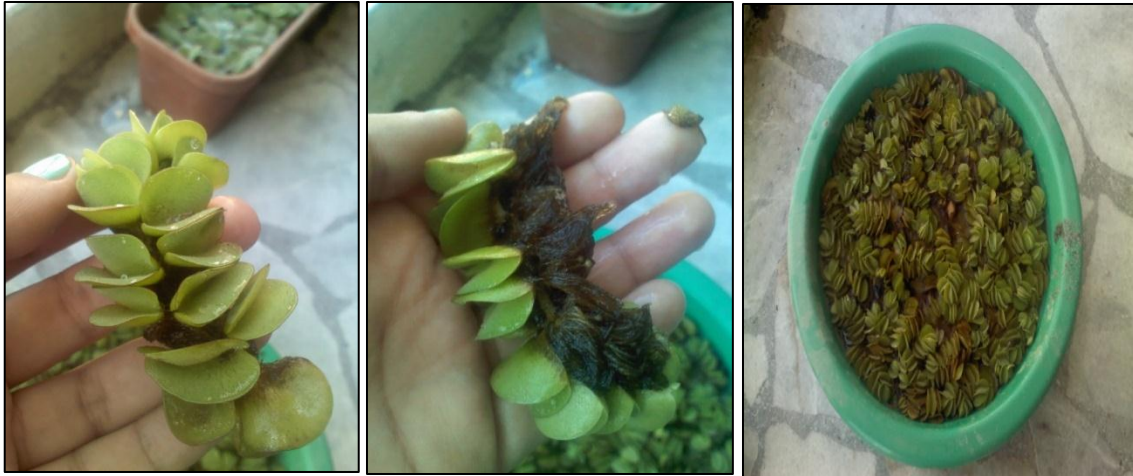
ácido fórmico, colorantes y pesticidas, y disminuye niveles de DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), y sólidos en suspensión (Metcalf y Eddy, citado por García, 2012; Domínguez, 2003).

- Lenteja de agua (*Lemna minor*): Asimilan los nutrientes del efluente de las aguas residuales, han mostrado facilidad para extraer rápidamente de las aguas algunos metales tales como el zinc, manganeso y hierro, así como para remover gran cantidad de Nitrógeno, fósforo y potasio en las aguas servidas (Machado *et al.*, 2010; García, 2012).
- Azolla (*Salvinia Biloba*): Este helecho tiene el poder de fijar nitrógeno atmosférico debido a su asociación en simbiosis con una cianobacteria que lo fija, *Anabaenaazollae*. La *Anabaenaazollae*, que vive en las cavidades de las frondas del helecho, es idónea para usar su propia energía fotosintética y así fijar el nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado por la azolla para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno (García, 2012).
- Lechugas de agua (*Pistia stratiotes*): La Lechuga de Agua, en algunos estudios realizados en estanques ha demostrado poseer una capacidad de remoción de DBO superior en comparación con plantas de lodos activados (Torres *et al.*, 2007; García, 2012).

Las plantas recolectadas fueron sometidas a un período de aclimatación, para evitar que su crecimiento se vea afectado al momento de ser trasplantadas al sistema piloto, por lo cual se destinó un tiempo de 5 días. El intervalo de tiempo propuesto para la aclimatación de las plantas se estimó tomando en consideración la investigación de García y Leal (2006).

Las plantas se dispusieron en macetas y se les agregó agua residual pecuaria de la finca.

Las *Salvinia Biloba* (azollas) fueron colocadas en una tina, con las siguientes medidas:
Diámetro: 31cm; 4,5 cm de alto.



Fotografía 1. *Salvinia Biloba* (azollas).

Los *Eichhornia crassipe* (Jacintos de agua) fueron colocados en macetas de diámetro: 5,3 cm; 5cm de altura.



Fotografía 2. *Eichhornia crassipe*. (Jacintos de agua)

Las *Pistia stratiotes* (lechugas de agua) fueron colocadas en una maceta de largo: 59,2cm; ancho: 5cm; 4cm de alto, son plantas acuáticas muy delicadas.



Fotografía 3. *Pistia stratiotes*. (Lechugas de agua).

La lentejas de agua (*Lemna minor*) fueron colocadas en una maceta de largo: 30cm; ancho: 24,5cm; 12cm de alto.



Fotografía 4. *Lemna minor* (Lentejas de agua).

2.2.2.2. Toma de muestra del agua residual del corral de cerdos en La Finca Maranatha.

Para la evaluación de la calidad del agua residual pecuaria se realizaron análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos. Para los análisis físico-químicos se adquirieron dos litros de agua residual y para los microbiológicos se usaron tres envases estériles de farmacia (200 ml c/u), estas medidas fueron instrucciones específicas del laboratorio escogido para la realización de análisis.

El tipo de muestreo fue puntual, porque su objetivo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites máximos permisibles, también se utiliza este tipo de muestreo cuando el flujo del agua a muestrear no es uniforme (INEN, 1998).

Los parámetros (**Tabla 8**) que se eligieron para la caracterización del agua residual en el presente trabajo son los que se suelen implementar en las investigaciones para indicar la calidad del agua. LIBRO VI, del TULSMA.

2.2.2.3. Dimensionamiento del humedal.

A partir de los resultados de la primera muestra enviada al laboratorio se elaboró el dimensionamiento del humedal piloto, debido a que necesitábamos datos importantes como DBO, ya que su dimensionamiento se basó en la remoción de DBO en humedales de flujo subsuperficial empleado por Sherwood C. y Reed (1995) citado en Osnaya (2012).

Las fórmulas empleadas para el dimensionamiento del humedal artificial fueron tomadas de Reed et al, 1998 y citadas en García et al, (2006) y Osnaya (2012).

Tabla 1*Datos para el dimensionamiento del humedal.*

Parámetro	Unidad	Fuente
Temperatura (t)	22°C	Determinada en campo
Co ³ DBO	304 mg/L	Determinada en laboratorio
Ce ⁴ DBO	50 mg/L	Tabla 5 del TULSMA
Profundidad (h)	0,40 m	Parámetro establecido; Crites y Tchobanoglous.
Porosidad (n)	0,35	Parámetro establecido; Crites y Tchobanoglous
Caudal (Q)	200 litros/día= 0,2 m ³ /día	Determinada en campo
Pendiente	1%	Parámetro establecido
Relación L:W	3:1	

Con estos datos básicos se emplean los siguientes sistemas de ecuaciones:

Ecuación 1. Constante de temperatura: este dato es necesario para calcular el área superficial del sistema, en este punto es necesaria la temperatura del agua residual.

Datos:

Kt: constante de temperatura.

K: 1.104 d⁻¹ para aguas residuales pecuarias.

t: temperatura en °C

$$Kt = K * (1.60)^{(t-20)}$$

$$Kt = 1,104 \text{ d}^{-1} * (1,60)^{(22-20)}$$

$$Kt = 2,83 \text{ d}^{-1}$$

³ Co DBO: Concentración del DBO en el afluente.

⁴ Ce DBO: Concentración del DBO en el efluente.

Ecuación 2. Área superficial; este dato es importante para luego calcular el largo y ancho del sistema.

Datos:

As: Área superficial.

Q: caudal

Co DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno afluente

Ce DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno efluente

Kt: constante de temperatura

h: profundidad

n: porosidad

$$As = Q * \ln (Co - Ce) / Kt * h * n$$

$$As = 0,2m^3/d * \ln (304 - 50) \text{ mg/L} / 2,83 \text{ d}^{-1} * 0,4m * 0,35$$

$$As = 2,79m^2$$

Ecuación 3. Largo y ancho: La relación entre largo y ancho es importante porque esta relación tiene una gran influencia en el régimen hidráulico y en la resistencia al flujo del sistema, de no tener la relación correcta, se tendrían inconvenientes en la parte alta debido al posible desborde por el incremento en la resistencia al flujo causado por la acumulación de residuos de vegetación, por lo que las relaciones ideales son 1:1 hasta 3:1 o 4:1. Para este proyecto se trabajó con la relación 3:1 (Osnaya, 2012).

Datos:

L= largo

W= ancho

$$\text{Ecuación 3. } L = 3W$$

$$\text{Ecuación 4. } As = L * W$$

Remplazamos Ecuación 3 en 4.

$$A_s = L * W$$

$$A_s = 3W^2$$

$$W = \sqrt{A_s/3}$$

$$W = \sqrt{2,79\text{m}^2/3}$$

$$W = 0,96\text{m}$$

Remplazamos W en ecuación 3.

$$L = 3W$$

$$L = 3 * 0,96\text{m}$$

$$L = 2,89\text{m}$$

Los datos obtenidos fueron a escala real, resultados que se propondrán al propietario para que realice la planta de tratamiento, las dimensiones son relativamente pequeñas debido a que el caudal del agua residual es reducido. Las medidas a escala real fueron sometidas al factor de escalonamiento del 60% con el fin de obtener un tamaño razonable y facilitar su manejo.

Ecuación 5.

$$Q_{\text{piloto}} = Q_{\text{real}} - (Q_{\text{real}} * \text{Factor de escalonamiento})$$

$$Q_{\text{piloto}} = 0,2\text{m}^3/\text{d} - (0,2\text{m}^3/\text{d} * 0,60)$$

$$Q_{\text{piloto}} = 0,08\text{m}^3 = 80 \text{ litros}$$

Ecuación 6.

$$L_{\text{piloto}} = L_{\text{piloto}} - (L_{\text{piloto}} * \text{Factor de escalonamiento})$$

$$L = 2,89\text{m} - (2,89\text{m} * 0,60)$$

$$L = 1,15\text{m}$$

Ecuación 7.

$$W_{\text{piloto}} = W_{\text{piloto}} - (W_{\text{piloto}} * \text{Factor de escalonamiento})$$

$$W = 0,96\text{m} - (0,96\text{m} * 0,60)$$

$$W = 0,38\text{m}$$

Ecuación 9. Tiempo de retención.

$$T = \frac{A_s * h * n}{Q}$$

$$T = \frac{0,43\text{m}^2 * 0,4\text{m} * 0,35}{0,08\text{m}^3/\text{d}}$$

$$T = 0,75 \text{ d} = 18,06 \text{ horas}$$

2.2.2.4. Construcción del Humedal Artificial Piloto

Para la construcción del humedal artificial piloto se tomaron en cuenta las medidas calculadas anteriormente, las cuales son:

- Largo: 1,15m.
- Alto: 0,50m.
- Ancho: 0,38m.
- Caudal: 80 litros



Fotografía 5. Humedal artificial piloto.

El material de construcción fue de vidrio, debido al fácil manejo y disponibilidad. Se colocaron los 80 litros de agua residual porque es el caudal piloto y luego se depositaron las plantas acuáticas dentro del sistema de tratamiento.

La profundidad del humedal artificial piloto fue calculada en función de la longitud promedio de las raíces de las plantas acuáticas (0,40 m) y se dejó 0,10 m de borde libre.

En conjunto con el humedal artificial piloto se elaboró un filtro de grava, su función fue garantizar que la eficiencia del sistema de tratamiento mejore, sobre todo en la remoción de sólidos suspendidos. Estaba compuesto de ripio (32mm de diámetro), arena fina (1 mm), arena gruesa (2,00mm) y cal (Yocum, 2002), tenía una profundidad de 0,24 m, distribuida de la siguiente manera: ripio 0,05 m, arena fina 0,05 m, arena gruesa 0,05 m, cal 0,03 m y 0,06m de borde libre. Finalmente transcurrido el tiempo de retención (18 horas), el agua residual tratada por las plantas acuáticas dentro del sistema de tratamiento era transportada al filtro de grava.



Fotografía 6. Filtro de grava.

2.2.2.5. Envío de muestras de agua tratada a laboratorio.

Para el envío de la muestra del agua tratada, se esperó el tiempo de retención previamente calculado (**Ecuación 9**), luego de ello se tomó la muestra del agua pre tratada, se recolectaron dos litros de agua para los análisis físico-químicos y tres envases estériles (200ml c/u) para análisis microbiológicos, el agua pre tratada se sometió al filtro de grava y se envió al Laboratorio Químico Marco S.A. Además se tomaron tres tipos de muestras, en cada una de sus etapas (agua residual, agua pre tratada, agua tratada bajo el filtro de agua) para comparar sus características organolépticas (**Fotografías 11, 12, 13**).

3. RESULTADOS.

3.1. Diagnóstico de la Finca Maranatha.

Para plantear mejoras, se realizó un reconocimiento de las condiciones en que se encuentra la Finca, recopilando información sobre el proceso de cría de especies porcinas, todo esto se realizó con la finalidad de reconocer los puntos de mayor consumo de recursos.

Las etapas de producción porcina de la finca se describen a continuación y fue adquirida por medio de Comunicación personal con el propietario (**Figura 1**):

1. Etapa de reproducción:

La cerda alcanza la madurez sexual entre los seis y siete meses, con un peso aproximado de 200 libras, al segundo celo empieza la reproducción con la monta.

2. Etapa de Gestación- Maternidad:

Esta etapa dura alrededor de tres meses y 20 días, en el cual a la cerda preñada se la alimenta con balanceado de gestación y se la mantiene en un corral individual para controlar la temperatura y la alimentación. Entra en la etapa de maternidad siete días antes de parir, permanece en corrales individuales con la finalidad de brindar cuidados especiales a las crías. Las crías permanecen con la madre 30 a 35 días, a las crías se los considera pequeños o lechones desde que nacen hasta tener 60 días de edad.

3. Etapa de Crecimiento:

La etapa de crecimiento dura dos meses, donde son alimentados con balanceado, suero y frutas (guineo). Se alimentan tres veces al día, dos veces con balanceado y una vez al día con suero o guineo. Esta etapa es donde el consumo de alimentos es alto por el crecimiento de los animales.

4. Etapa de engorde:

Esta etapa dura alrededor de un mes o por lo menos cuando ya se alcanza el peso promedio para la venta.

El corral de los cerdos está dividido en cinco segmentos para la separación de cada etapa de producción. Se necesita lavar el corral por lo menos dos veces al día, cada cerdo consume tres litros de agua diarios solo para alimentarse. El propietario calcula que diariamente se necesitan 200 litros de agua para la limpieza y alimentación de un promedio de 20-35 cerdos.

Los equipos que se utilizan en la finca son una bomba de agua, que diariamente consume quince minutos de energía, un Tanque Rotoplas (1100 L) para las reservas de agua y alimento (suero, balanceado, frutas).

Actualmente la finca no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales o aprovechamiento de excrementos, todos estos residuos son canalizados por una pendiente donde como sitio de disposición final, sin previo tratamiento son utilizados para el riego de cultivos.

Con la información que se recopiló acerca de la producción porcina se elaboró un Diagrama de Flujo y el Balance de Masas:

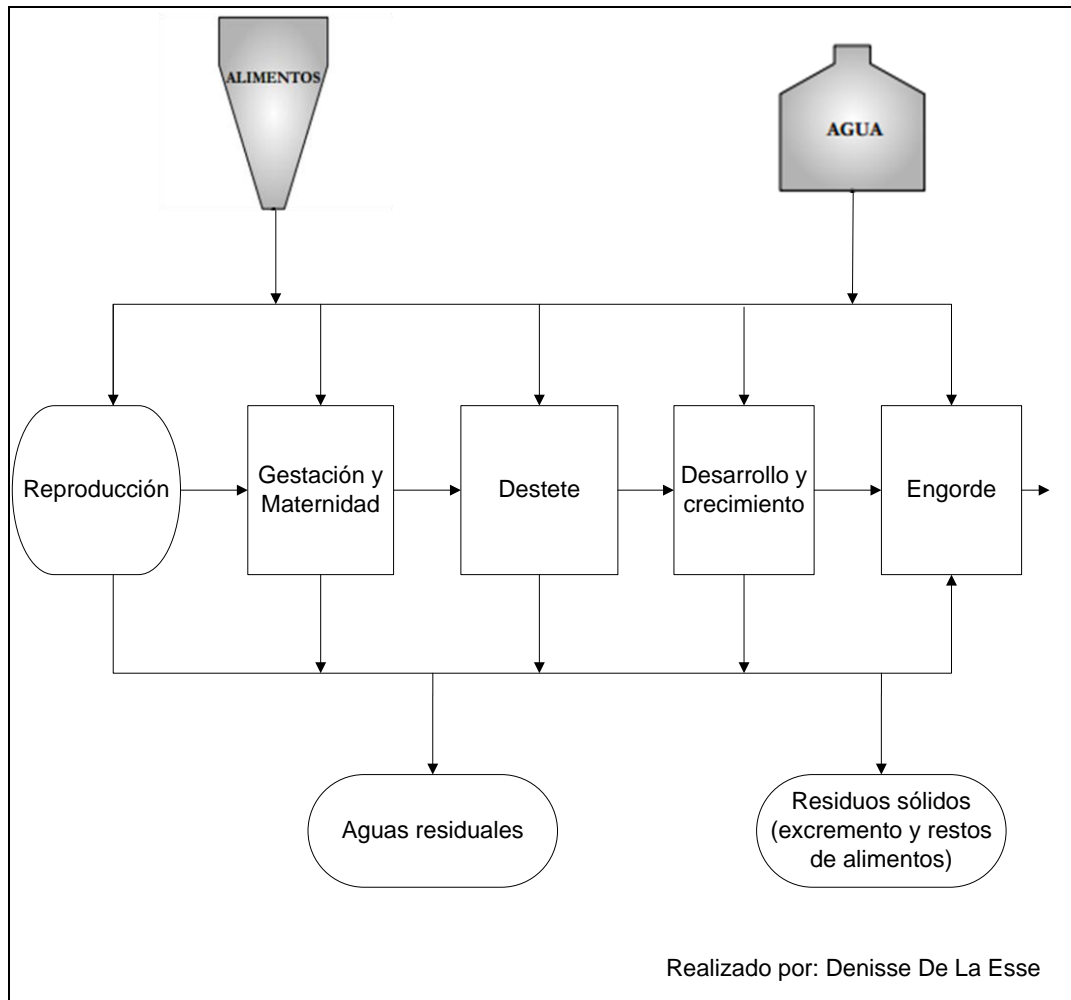


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de producción porcina.

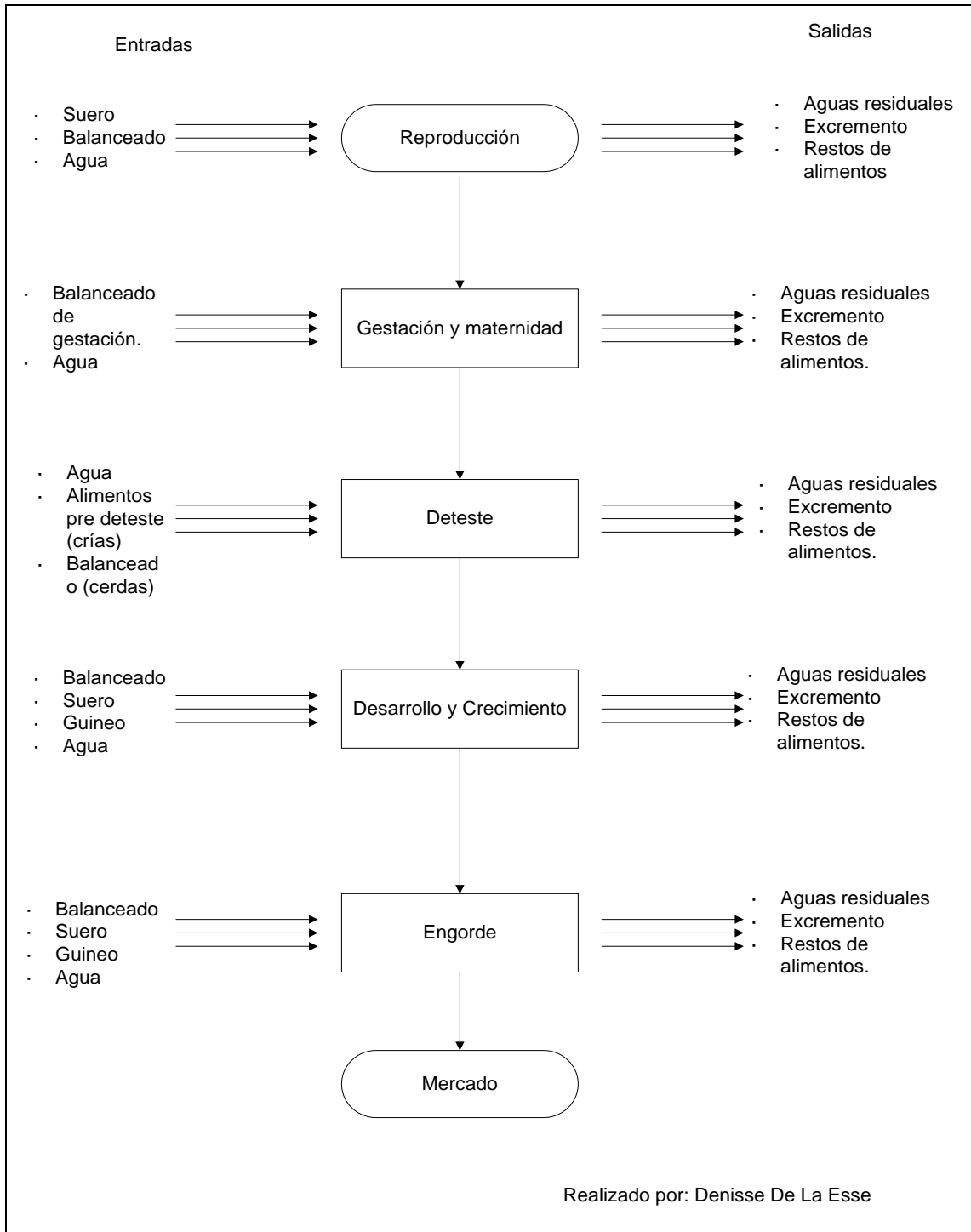


Figura 4. Diagrama de entradas y salidas de la producción porcina.

Impactos Ambientales originados por el proceso:

Dentro de las instalaciones de la Finca Maranatha se trabaja de manera intensiva con animales, por lo tanto, es de esperarse que se generen impactos al entorno.

Debido al inadecuado manejo de residuos sólidos, la descomposición del excremento de cerdos, restos de alimento, entre otros, se efectúa al aire libre, generando malos olores ocasionando contaminación atmosférica y de una u otra manera contaminación al suelo por lixiviación, empeorando con la infiltración del agua residual, todo ello producto de la limpieza del corral.

- **Residuos Sólidos:** en la finca se generan mayormente residuos sólidos orgánicos, que están constituidos por las excretas de los cerdos, en algunas ocasiones por la muerte de algún animal y restos de alimentos. Otros residuos a considerar son envases plásticos en mal estado, fundas plásticas, jeringas y material veterinario utilizado durante la crianza.
- **Residuos Líquidos o Aguas Residuales:** El agua residual se genera a partir del lavado del corral, el cual contiene orina, restos de materia fecal y alimentos.
- **Emisiones atmosféricas:** El excremento al estar en proceso de descomposición y expuesto al aire libre, genera malos olores y este fenómeno se debe a los siguientes gases: Dióxido de carbono y metano (CO_2 , CH_4), amoníaco (NH_3), sulfuro de hidrógeno (SH_2) y el monóxido de carbono (CO). Además, la proliferación de vectores ambientales es permanente en el lugar, por las condiciones poco sanitarias (Mariscal, 2007; CNP+LH, 2009).



Fotografía 7. Excrementos



Fotografía 8. Infiltración del agua residual.



Fotografía 9. Pendiente

Luego de la identificación de los principales problemas en la finca, se elaboró el FODA:

Tabla 2

Análisis FODA.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recurso hídrico permanente ▪ Alimento para los cerdos permanente ▪ Reservorio de agua en caso de escasez de agua ▪ Corrales de cerdos divididos por segmentos para separar a los cerdos pequeños. ▪ Compromiso del propietario y lo trabajadores para implementar las posibles mejoras y nuevas prácticas amigables con el entorno. ▪ Disponibilidad de terreno para colocar o implementar el tratamiento de agua residual. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitar al trabajador de la finca acerca de la Producción más Limpia. ▪ Futuros ahorros económicos obtenidos de la implementación de la Producción más Limpia. ▪ Mejorar la imagen de la finca. ▪ Obtención de un Certificado de Buenas Prácticas por parte de Agrocalidad al cumplir con la Producción Más Limpia.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ El trabajador de la finca realiza su labor de manera convencional, haciendo uso desmedido del agua. ▪ No se realiza ningún tratamiento para los residuos sólidos y líquidos. ▪ Difícil el control del recurso hídrico. ▪ Proliferación de malos olores, enfermedades por la falta de tratamiento de aguas residuales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Multas futuras por utilizar el agua residual para regar plantaciones. ▪ Enfermedades dérmicas que afecten a los cerdos por las condiciones sanitarias del lugar (FAO, 2010). ▪ Posibles enfermedades bacterianas y virales en los cerdos por las condiciones sanitarias del lugar.

A partir del análisis de FODA surgen las principales recomendaciones:

- Implementación del formato para facilitar el registro de consumo de agua.
- Monitoreo del consumo de agua por etapas del proceso.
- Fomentar al trabajador de la finca el desarrollo de la producción más limpia para disminuir el consumo de agua.
- Educar al trabajador acerca del uso eficiente del agua.
- Realizar un inventario de los residuos generados en el proceso productivo.
- Implementar una metodología de limpieza en seco en las áreas del proceso para evitar el barrido de residuos con la presión del agua.
- Aplicar una técnica de Bioingeniería⁵, para recuperar la pendiente donde se descarga el agua residual pecuaria del corral. La pendiente debe ser previamente limpiada de todo tipo de residuo, luego debe colocarse la manta orgánica⁶, para sembrar en ella plantas de los alrededores de la finca.
- Implementar una Planta de Tratamiento de agua residual amigable con el ambiente de bajo costo.

A partir de estas recomendaciones se empezó a elaborar el Manual de Buenas Prácticas Ambientales, sobre todo para idear los programas del PLAN DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. (**Anexo 5, 6**).

⁵ Bioingeniería: es aquella que proporciona soluciones eficaces en términos de costo a muchas de las preocupaciones medioambientales conexas al desarrollo de la infraestructura y a la creciente erosión del suelo (López y Sendra, 2001; Lara, 2009).

⁶ Manta Orgánica: es una técnica de Bioingeniería, es un producto geotextil, permeable, formado por la unión de mallas y fibras que por lo general son de origen vegetal, se extiende y se fija a la superficie del suelo, adaptándose y recubriéndolo con el fin de restaurar o conservar la calidad de los suelos controlando la erosión. Contreras (2008)

3.1.1. Resultados de la Evaluación de la Finca Maranatha con la Herramienta Check List.

Tabla 3

Resultados de Check List de Instalaciones.

Instalaciones		Nivel de cumplimiento		
		0	1	2
Servicios Básicos				
Acceso al servicio de agua potable.				■
Acceso al servicio de energía.				■
Alcantarillado.		■		
Recolección de residuos.			■	
Total:				5/8
Camino y obras básicas				
El camino principal de la finca es accesible.				■
Existe señalización y nombres de los lugares en el camino principal.				■
El camino secundario a la finca se encuentra en buen estado.			■	
Existe señalización y nombres de los lugares del camino secundario.		■		
Existe en el ingreso de la finca una puerta que restrinja el ingreso de visitantes.				■
Total:				7/10
Estado de la instalación				
En el ingreso de la finca existe un rótulo con el nombre de la explotación y el código de registro de AGROCALIDAD.				■
Total:				0/2
Corral				
El área se encuentra delimitada.				■
Se tiene instalaciones para agua de bebedero.				■
El piso del corral se encuentra encementado.				■
Total:				6/6
Sanidad y seguridad				
No existe acumulación de estiércol.				■
No existe presencia de agua estancada.				■
No existen olores en el ambiente.				■
No existe presencia de vectores ambientales.				■
Existe tratamiento de aguas residuales.				■
Existen desagües y pendiente en el piso para facilitar el lavado de los corrales.			■	
Recipientes para desechos especiales.		■		
Total:				1/14

Fuente: Albuja, 2012, MAGAP, 2012 y FAO, 2012

Tabla 4*Resultados de Check List de Salud Animal.*

Salud Animal	
Identificación del animal	Nivel de cumplimiento
	0 1 2
Los animales están areteados.	█
Los animales tienen alguna marca.	█
Total:	0/4
Control y seguimiento de enfermedades	
El control y seguimiento de los animales lo realiza un veterinario.	█
Los animales que presentan enfermedades son aislados.	█
Se vacuna contra enfermedades.	█
Existen enfermedades.	█
Los tratamientos son prescritos por un médico veterinario.	█
Los tratamientos son suministrados con dosis prescrita.	█
Los medicamentos de uso veterinario son los registrados en AGROCALIDAD.	█
Equipo inyectable es descartable.	█
Se cumple con las vacunas según calendarios.	█
Total:	13/18

Fuente: Albuja, 2012, MAGAP, 2012 y FAO, 2012.

Tabla 5.*Resultados de Check List de Inocuidad Alimentaria.*

Inocuidad Alimentaria.	
Alimentación Animal	Nivel de cumplimiento
	0 1 2
Se da balanceado al ganado porcino.	█
Los animales tienen agua de bebedero.	█
Total:	4/4

Fuente: Albuja, 2012 y Agrocalidad, 2012.

Tabla 6*Resultados de Check List de Ambiente.*

Ambiente	
Residuos Orgánicos e Inorgánicos	Nivel de cumplimiento 0 1 2
Recipientes para residuos orgánicos e inorgánicos.	■
Clasificación de residuos.	■
Se da tratamiento o se gestiona algún manejo al estiércol.	■
Los frascos o fundas que hayan tenido contenido de productos químicos son perforados.	■
El agua de lavado y limpieza del corral no es descargada a un cuerpo de agua.	■
Total:	3/10

Fuente: Albuja, 2012.

En la **Tabla 7**, se explica cómo se realizó la ponderación por partes iguales a cada pilar, debido a que cada aspecto tiene la misma importancia, por lo tanto el 100% de cada pilar representó el 25%. Además se elaboró el análisis de cumplimiento de buenas prácticas ganaderas (**Figura 5**), en el cual se puede observar que los pilares con mayor falencia son: instalaciones (11,87%) y ambiente (2,5%).

Tabla 7*Análisis del cumplimiento de los pilares de Buenas Prácticas.*

Aspectos	Total a obtener.	Total alcanzado	Porcentaje a obtener	Porcentaje obtenido
Instalaciones	40	19	25%	11,87%
Salud animal	22	13	25%	14,77%
Inocuidad alimentaria	4	4	25%	25%
Ambiente	10	3	25%	2,5%
TOTAL:	76	39	100%	54,14%

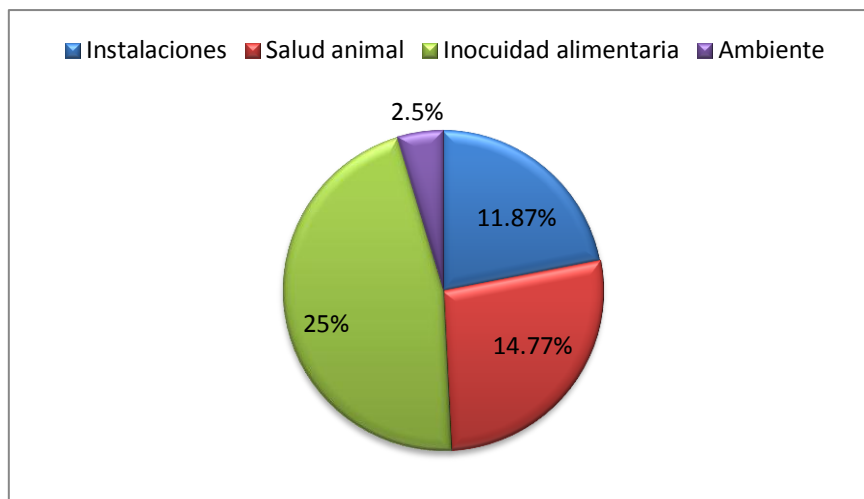


Figura 5. Análisis del cumplimiento de Buenas Prácticas Ganaderas.

3.2. Resultados Experimentales:

3.2.1. Selección de especies

En el tiempo de aclimatación las especies *Eichhornia crassipe*, *Lemna minor* y *Salvinia Biloba* no presentaron cambios fisiológicos en sus estructura, debido a que llevaron a cabo la captación de los nutrientes contenidos en el agua residual pecuaria.

En cambio la especie que a los pocos días empezó a presentar cambios fisiológicos, (85% de todas las plantas), como agujeros en sus hojas, fue *Pistia stratiotes* (lechuga de agua), por lo que fue descartada.

La especie que tuvo la mejor adaptación al agua residual pecuaria fue el Jacinto de agua, *Eichhornia crassipe*, cuyos ejemplares no presentaron cambios fisiológicos en su estructura, además empezó a presentar nuevas ramificaciones, esto se debió a que la planta acuática obtuvo del agua residual los nutrientes necesarios para su metabolismo (García, 2012).

Finalmente las plantas acuáticas que se seleccionaron fueron:

- Jacinto de agua (*Eichhornia crassipe*)
- Lenteja de agua (*Lemna minor*)

- Azolla (*Salvinia Biloba*)

3.2.2. Resultados de los análisis de las muestras del agua residual pecuaria.











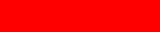
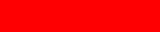


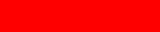
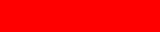
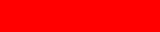

En la **Tabla 8** se observan los resultados de las muestras de análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual pecuaria sin tratamiento, comparándolos con el LMP y además se estableció el estado de la misma dependiendo si excede el LMP , Medio , no excede el LMP .

Tabla 8

Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual.

Parámetro	Resultado	Límite máximo permisible	Fuente	Estado
Temperatura	20 °C	<35 °C	Tabla 10.	
Turbidez	431 UTN	100 UTN	Tabla 1.	
Sólidos totales	506 mg/l	1600 mg/l	Tabla 10.	
Sólidos suspendidos totales	60 mg/l	80 mg/l	Tabla 10.	
Sólidos disueltos totales	446 mg/l	450 mg/l	Tabla 5.	
Sólidos Sedimentales	20 ml/l	1,0 ml/l	Tabla 10.	
Nitrógeno total	16,80 mg/l	5-30 mg/l	Tabla 5.	
Fósforo total	7,56 mg/l	10 mg/l	Tabla 10.	
Aceites y grasas	6,67 mg/l	Ausencia	Tabla 4.	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	304 mgO ₂ /l	50 mgO ₂ /l	Tabla 10.	
Demanda Química de Oxígeno	527 mgO ₂ /l	100 mgO ₂ /l	Tabla 10.	
Coliformes Fecales	1,91E+8 NMP/100ml	1000 NMP/100ml	Tabla 4.	
Coliformes Totales	2,98E+8 NMP/100ml	1000 NMP/100ml	Tabla 6.	
Huevos Helmintos	Ausencia	Ausencia	Tabla 4	

Fuente: Anexo 1 del Libro VI del TULSMA.

Excede el L.M.P. 

Medio 

No excede el L.M.P. 

Los parámetros analizados se compararon con las tablas 1, 4, 5, 6 y 10, del Anexo 1, Libro VI, del TULSMA; Calidad del Agua, estas tablas contienen los límites máximos permisibles de la calidad del agua para riego, uso agrícola y descargas de agua a cuerpos de agua dulce.

3.2.3 Dimensionamiento del Humedal Artificial Subsuperficial.

Una vez que se tuvieron los resultados de los análisis y las plantas acuáticas que se van a utilizar para la fitorremediación, se procedió al dimensionamiento, en la cual la **Tabla 9**, representa las dimensiones del humedal artificial a escala real y la **Tabla 10**, las dimensiones del humedal artificial a escala piloto.

Tabla 9

Dimensiones del Humedal Artificial Subsuperficial a escala real.

Parámetro	Resultado
Caudal	200 litros
Área superficial	2,79 m ²
Tiempo de retención	18,06 horas
Relación L:W	3:1
Largo	2,89 m
Ancho	0,96 m
Profundidad	0,40 m
Pendiente	1%
Borde libre	0,10 m

Tabla 10

Dimensiones del Humedal Artificial Subsuperficial a escala piloto.

Parámetro	Resultado
Factor de escala	0,60
Caudal piloto	80 litros
Área	0,43 m ²
Tiempo de retención	18,06 horas
Relación L:W	3:1
Largo	1,15 m
Ancho	0,38 m
Profundidad	0,40 m
Pendiente	1%
Borde libre	0,10 m

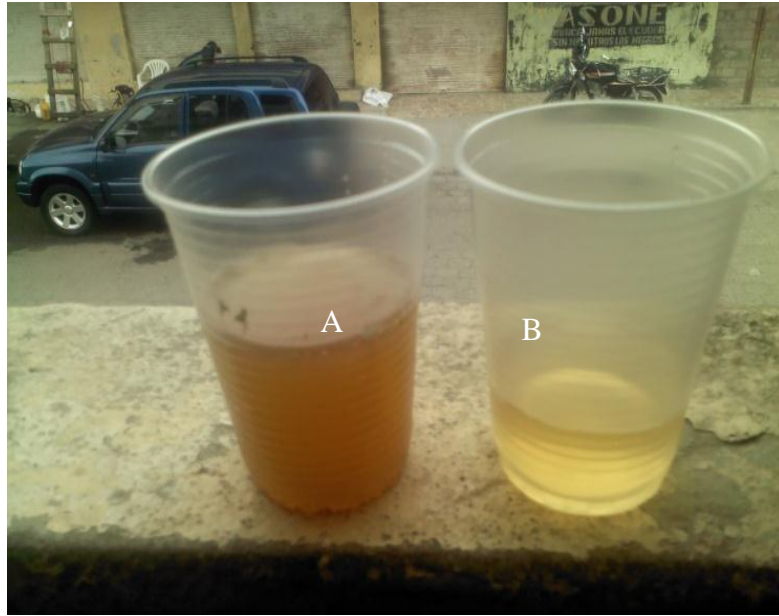


Fotografía 10. Sistema de tratamiento piloto.

Después de colocar las tres especies de plantas acuáticas dentro del humedal artificial piloto (**Fotografía 10**), se esperó tener un tiempo de retención de 18 horas (**Ecuación 9**), posteriormente se sometió la muestra de agua del sistema al filtro de grava para realizar el análisis previo de la calidad del agua por medio de la observación. En la **Fotografía 11** se observa el agua residual pecuaria producto del lavado del corral, **Fotografías 12**; **Fotografía 13** es el agua residual tratada en el sistema piloto de depuración.



Fotografía 11. Agua residual de la limpieza de corral.



Fotografía 12. Agua residual del sistema de depuración (A) y del filtro de grava (B).



Fotografía 13. Agua residual tratada.

3.2.4. Resultados de los análisis de las muestras del agua tratada en el Humedal Artificial Piloto.









En la **Tabla 11** se observan los resultados de las muestras de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua tratada, comparándolos con el LMP y además se estableció el estado de la misma dependiendo si excede el LMP , Medio , no excede el LMP .

Tabla 11

Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual tratada.

Parámetro	Resultado	Límite máximo permisible	Fuente	Estado
Temperatura	20 °C	<35 °C	Tabla 10.	
Turbidez	25,90 UTN	100 UTN	Tabla 1.	
Sólidos totales	100 mg/l	1600 mg/l	Tabla 10.	
Sólidos suspendidos totales	42 mg/l	80 mg/l	Tabla 10.	
Sólidos sedimentales	0,8 ml/l	1,0 ml/l	Tabla 10.	
Nitrógeno total	5 mg/l	5 mg/l	Tabla 5.	
Fósforo total	1,01 mg/l	10 mg/l	Tabla 10.	
Aceites y grasas	< 0,44 mg/l	Ausencia	Tabla 4.	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	131 mgO ₂ /l	50 mgO ₂ /l	Tabla 10.	
Demanda Química de Oxígeno	364 mgO ₂ /l	100 mgO ₂ /l	Tabla 10.	
Coliformes Fecales	<1,0 NMP/100ml	1000 NMP/100ml	Tabla 4.	

Fuente: Anexo 1 del Libro VI del TULSMA.

Excede el L.M.P. 

Medio 

No excede el L.M.P. 

En la **Figura 6** se observan algunos de los parámetros analizados, son aquéllos que por medio del humedal artificial piloto lograron disminuir hasta acercarse al LMP.

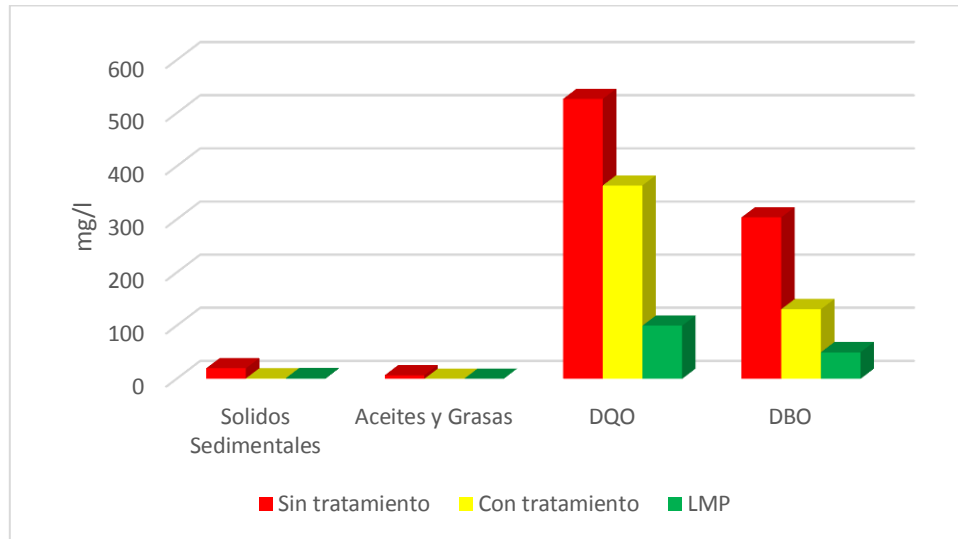


Figura 6. Comparación de los análisis de las muestras de agua.

4. DISCUSIÓN.

El proceso de producción de la finca Maranatha comprende las siguientes etapas (reproducción, gestación-maternidad, crecimiento, engorde) dentro de las cuales, las que generan mayores impactos ambientales son las de crecimiento y engorde debido al uso del agua (200 L) y la generación excesiva de excrementos por parte de los animales, provocando la proliferación de microorganismos y vectores ambientales (moscas, ratas), los mismos que pueden poner en riesgo la salud del personal de la finca, además de otros residuos como envases y fundas plásticas, jeringas y material veterinario utilizados durante la crianza; con respecto a las aguas residuales producto del lavado de las instalaciones, estas aguas son descargadas sin tratamiento alguno para el riego del cultivo de guineo (**Fotografía 20; Fotografía 21**), limitando así la producción de este cultivo (50% plantas muertas) incumpliendo el “Art. 7.- *Queda terminantemente prohibido evacuar directamente a: ríos, quebradas o alcantarillado público, los desechos, desperdicios, materias fecales o aguas servidas provenientes de la granja. Estas previamente deben ser almacenadas y tratadas en piscinas para sedimentación, decantación y oxidación, para luego ser evacuadas o recicladas*”. TULSMA.

Las emisiones atmosféricas proveniente del proceso de descomposición de las heces fecales de cerdos generan gases como dióxido de carbono y metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y el monóxido de carbono, de los cuales los de mayor preocupación son el dióxido de carbono y el metano debido a que son los principales gases de efecto invernadero; no obstante, el metano puede ser utilizado para la generación de energía a través de las excretas de los cerdos si fueran vinculados a biodigestores (CNP+LH, 2009).

A partir del análisis de las condiciones de desempeño del ciclo productivo y los niveles de contaminación de la Finca Maranatha para reducir su impacto ambiental, se sugiere un monitoreo de la calidad de aguas mediante la implementación de un formato o registro del consumo de agua/día y en cada una de las etapas del proceso, fomento de buenas prácticas ambientales dirigido al personal de la finca, elaboración de inventario de residuos generado en los procesos y finalmente la implementación de un método de limpieza en seco en las

áreas del proceso para evitar el barrido de residuos con la presión del agua (CNP+LH, 2009).

El funcionamiento de la finca se evaluó por medio de un Check List de escala simple, método a través del cual se obtuvo que la finca Maranatha tiene un 54% de cumplimiento de los cuatro parámetros analizados (instalaciones, salud animal, inocuidad alimentaria, ambiente), donde el nivel de cumplimiento más elevado lo tiene la inocuidad alimentaria con un 25%, seguido de la salud animal con un 14,77%, instalaciones con un 11,87% y 2,5% de ambiente (**Figura 5**). Estos resultados tienen relación con el trabajo de Albuja (2012) realizado en la Finca Ponderosa, donde se puede comprobar que la mayor falencia en ambas fincas es en la parte Ambiental (3,01%) e Instalaciones (9,06%). Frente a estos resultados obtenidos es importante que la finca Maranatha mejore su relación con el ambiente e implemente Buenas Prácticas Ambientales en sus instalaciones mediante: adecuada recolección de residuos (manejo de estiércol, plástico, envases de uso veterinario y aguas residuales) y clasificación de los mismos, establecimiento de señalética, tratamiento de agua residual y control de olores.

La metodología empleada en este estudio para la depuración del agua residual se basó en estudios previos de los siguientes autores: Osnaya, (2012); García *et al.*, (2006); Delgadillo *et al.*, (2010); Arias *et al.*, (2010), los cuales han servido como antecedente para la selección del tipo de muestreo y parámetros físico-químicos y microbiológicos.

Las plantas acuáticas probadas para el sistema de tratamiento resultaron adaptarse muy bien al agua residual pecuaria, sobre todo la *Eichhornia crassipe*, que al igual que en el trabajo de García y Leal (2006), fue la planta que tuvo un comportamiento especial porque aumentó considerablemente la cantidad de individuos (**Fotografía 25**), sobre todo si se aumenta la concentración de agua residual. Por otro lado en el proyecto de García y Leal (2006) la especie *Pistia stratiotes*, tuvo pérdidas insignificantes, en cambio en esta investigación se perdió más del cincuenta por ciento (**Fotografía 3**), afirmando que son plantas de baja resistencia, por ser individuos pequeños vulnerables a cambios drásticos (Torres *et al.*, 2007; García, 2012).

Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua residual tratada corroboran los resultados expresados en Arias *et al.* (2010) donde se observa que los humedales artificiales disminuyen la concentración de la Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) y sólidos totales (SST) (**Figura 6**).

Los parámetros físico químicos y microbiológicos analizados en este estudio que superaron los LMP fueron:

La turbidez que inicialmente era de 431 UTN, mediante el tratamiento realizado se obtuvo un 25,90 UTN y su LMP es 100 UTN, este parámetro refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser tomado como indicador de contaminación (Espigares y Fernández, 1999; Queralt, 2003). En este estudio la turbidez disminuyó debido a que las partículas en suspensión (materia orgánica) contenidas en el agua residual durante el tiempo de retención que fue de 18 horas en el Humedal Artificial Piloto, experimentó un proceso de sedimentación y además el agua tratada fue sometida al filtro de grava para mejorar su transparencia. Según Aldás (2004), los sólidos sedimentales son los que se asientan cuando el agua se deja en reposo durante una hora, en este estudio los resultados de los sólidos sedimentales obtenidos inicialmente fueron 20 ml/l disminuyendo a 0,8 ml/l y comparándolo con el LMP es de 1,0 ml/l, observándose disminución de este parámetro.

Según Aznar (2000) el nitrógeno total, que es la suma de nitrógeno orgánico, amonio, nitrito, y nitrato nitrógeno orgánico, es el nutriente fundamental de todos los seres vivos, de forma que en niveles anormalmente altos en el agua puede producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática. En este estudio inicialmente obtuvimos un 16,80 mg/l de nitrógeno total, el cual después del tratamiento disminuyó a 5 mg/l, ubicándose dentro del LMP, esta disminución se debió a la absorción de nutrientes experimentada por las plantas acuáticas dentro del sistema de tratamiento (García, 2012).

Aznar (2000), también expresa que los aceites y grasas al momento de la depuración del agua residual exhiben un grave problema por la formación de una película que recubre a los microorganismos que se encargan de la biodegradación, frenando la captación de oxígeno.

En este estudio no se incluyó una trampa de grasas, por lo cual se le debe proponer al propietario que lo adhiera al sistema de tratamiento. Según los estudios analíticos realizados inicialmente para este parámetro se obtuvo 6,67 mg/l el cual se redujo a < 0,44 mg/l, lográndose mantener dentro del LMP.

Queralt (2003), señala que la demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica degradable y biodegradable en un período de tres horas. En esta investigación este parámetro inicialmente fue de 527 mgO₂/l y disminuyó a 364 mgO₂/l, según la tabla TULSMA su LMP es 100 mgO₂/l. Así mismo, Queralt (2003), manifiesta que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua residual, este parámetro fue de 304 mgO₂/l y se redujo a 131 mgO₂/l, siendo su LMP de 50 mgO₂/l. Ambos parámetros lograron reducirse pero no se consiguió que se establecieran dentro del LMP. Santambrosio (2010), demostró en su investigación que mientras más elevados sean los niveles de DBO y DQO se requieren cantidades de oxígeno mayores para descomponer la materia orgánica contenida en el agua, por lo que probablemente será necesario implementar una bomba de aire al sistema para asegurar la eficiencia del Humedal Artificial. Los resultados obtenidos de coliformes fecales fueron 1,91E+8 NMP/100ml y después del tratamiento su valor fue <1,0 NMP/100ml, encontrándose dentro del LMP 1000NMP/100ml, al ser agua residual producto del lavado de corral de cerdos, esperábamos que el valor de este parámetro fuera sumamente alto, lo cual gracias al sistema de tratamiento se redujo mucho más de lo esperado.

Al propietario de la Finca se le propone el sistema de depuración de bajo coste de tipo Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal, debido a que se realizó el análisis de costos de inversión (**Tabla 12**) en donde se calculó que el valor de construcción del Humedal Artificial es \$284 y el de mantenimiento es \$134,40, cuyos valores son relativamente bajos porque el costo de construcción es un gasto que se realizará una sola vez, y el de mantenimiento al menos una vez al mes si es necesario, solo cuando se presenten obstrucciones en las tuberías, crecimiento desmedido de la cubierta vegetal o

cuando el agua tratada presente turbidez, mal olor, presencia de materia grasosa, entre otros. Según EPA (2000) y Arana (2009) el funcionamiento del humedal básicamente consiste en una cavidad rellena de grava y arena donde se plantarían las plantas acuáticas. El nivel de agua en el humedal se debe mantener entre 5 y 15 cm para asegurar el flujo de superficie. Se deben implementar tuberías anchas para evitar taponamientos, y como tratamiento primario se debe limpiar en seco el excremento de los cerdos en los corrales. El suelo debe ir cubierto de un material impermeable para evitar la infiltración. El medio granular debe constar de grava pequeña, redonda y uniformidad de tamaño y el resto del lecho relleno con arena gruesa y fina. (**Figura 5**).

5. CONCLUSIONES

- La metodología de producción más limpia, sirvió de ayuda para evaluar e identificar en el proceso de producción porcina de la finca qué procedimientos son los que están causando daños ambientales, pérdidas económicas y gasto excesivo de recursos (agua, energía) para que a partir de ello nacieran las principales recomendaciones de mejora, quedando en manos del propietario ponerlas en práctica, esto solo es posible si al momento de exponerle la propuesta de implementación se le deja bien claro al propietario de la finca que esta metodología es la mejor alternativa económica a corto plazo, porque de ser aplicada le brindará una serie de beneficios ambientales, económicos y mejorará la calidad de vida del trabajador del lugar.
- En la evaluación de los procesos de producción de la finca, se observaron inadecuadas prácticas ambientales como el gasto excesivo de agua, riego de plantaciones con agua residual pecuaria, infiltración del agua residual pecuaria alrededor del corral de cerdos ocasionando malos olores y oscurecimiento del suelo, presencia de vectores ambientales, muerte de plantaciones de guineo que son regadas con el agua residual atribuyéndose a la gran cantidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que contiene. Este mal manejo se debe a la falta de conocimientos del personal, sobre los impactos negativos que están ocasionando al ambiente y las estrategias que garantizan la ejecución de esta actividad de forma sostenible. El uso de la herramienta Check List en la finca, permitió evaluar y

evidenciar el cumplimiento o no, de procedimientos que corrientemente se realizan en la finca y los resultados de esta evaluación permitieron aclarar cuáles eran sus principales falencias, a partir de ello surgió el Manual de Buenas Prácticas Ambientales, donde se reflejan todas las propuestas que se plantean al propietario.

- El humedal artificial de flujo subsuperficial es el tipo de tratamiento de agua residual que se le propone al propietario de la finca, en esta investigación se desarrolló uno a escala piloto, que no fue del todo eficiente, porque de todos los parámetros analizados el DBO y DQO no lograron disminuir hasta alcanzar sus LMP, aun así, es aceptable por ser un sistema de depuración de agua residual natural y de bajo coste. Uno de los componentes del humedal artificial son las plantas acuáticas, éstas se adaptaron al agua residual pecuaria, exceptuando una (**Fotografía 3**), su reproducción y crecimiento dependió totalmente de la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) presentes en el agua residual. Otro componente es el filtro de grava, este logró disminuir aún más la turbidez y que el agua previamente tratada con color amarillento se tornara más transparente (**Fotografía 12**).

6. RECOMENDACIONES

- Al momento de que se desee implementar la Producción más Limpia en cualquier tipo de organización es vital que se establezcan buenas relaciones con el propietario o gerente del lugar y sobre todo darle a conocer las ventajas y beneficios que se obtendrán.
- La finca Maranatha debe realizar sus actividades tomando en cuenta las leyes vigentes, tanto las que establece el MAE como el MAGAP, para así dejar de estar ocasionando impactos ambientales negativos en el ambiente.
- En el Manual de Buenas Prácticas Ambientales, están de manera más detalladas las recomendaciones a implementar en la Finca. (**Anexo 7**)

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Agrocalidad, 2012. Manual de Bioseguridad: Inocuidad Alimentaria. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/11/manual%20porcicola-opt.pdf>
2. Albuja, M. 2012. Desarrollo del manual de buenas prácticas ganadera y valoración ambiental en la Hacienda la Ponderosa, Mejía-Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/1781/1/UDLA-EC-TIAM-2012-06.pdf>
3. Aldás, A., 2004. Estudio de la calidad del agua para uso zootécnico en porcinos; evaluación del impacto ambiental y biorremediación. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1890/1/17T0691.pdf>
4. Alianza por el agua, (s.f). Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento. Humedal Artificial de Flujo de Horizontal Subsuperficial. [Figura] Disponible en: <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t6.html>
5. Arana, V., 2009. Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales. Recuperado de: http://eeea.ca/wp-content/uploads/2013/09/PTARGuia.toma_.decisiones.sistemas.tratamiento.aguas_.pdf
6. Arias, S., Betancur, F., Gómez, G., Salazar, J., Hernández, M., 2010. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3638734>
7. Arrobo, G., 2011. Aplicación de técnicas de Producción más Limpia para reducir el desperdicio de yeso en el proceso de elaboración de moldes utilizados para la fabricación de sanitarios en una industria cerámica. Recuperado de: <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/175/1/Aplicaci%C3%B3n%20de%20t%C3%A9cnicas%20de%20producci%C3%B3n%20m%C3%A1s%20limpia%20para%20reducir%20el%20desperdicio%20de%20yeso.pdf>
8. Asociación de porcicultores (ASPE), 2010. Censo Porcícola 2010. Recuperado de: <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/censo>

9. Aznar, A., 2000. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Recuperado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
10. Beverley, T. (1999). Clean Production. Recuperado de: <http://www.cleanproduction.org/library/C%20Guide%20Text.pdf>
11. Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH), 2009. Guía de Producción más Limpia para la producción porcina. Recuperado de: <http://www.mirahonduras.org/pml/docs/GUIA%20P+L%20PORCINA.pdf>
12. Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH), 2009. Guía de Buenas prácticas ambientales para la producción porcina. Recuperado de: <http://www.mirahonduras.org/cafta/gbpa/GBPA%20porcina.pdf>
13. CET. (2005). Ministerio del Ambiente. Perú. Recuperado de: <http://cdam.minam.gob.pe:8080/cendoam/bitstream/123456789/442/1/CDAM0000262.pdf>
14. Constitución del Ecuador, 2008. Recuperado de: <http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>
15. Consultoría Informativa de la Casa Consultora Disaic. (2005). Red de Información Industrial de Cubana (RIIC). Recuperado de: <http://www.cubaindustria.cu/pl/P+L%20Sime/metodologia.htm>
16. Cooper, P., 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment, WRC, Swindon.
17. Contreras, M., 2008. Control de la Erosión en cárcavas y barranqueras mediante mantas orgánicas. Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/0904712280144d91_tcm7-19596.pdf
18. Crites R. & Tchobanoglous G., 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.
19. Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. y Andrade, M., 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Recuperado de: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf

20. Domínguez, A., 2003. Transporte de oxígeno a través de plantas acuáticas. Recuperado de:
Dialnet-TRANSPORTEDEOXIGENOATRAVESDEPLANTASACUATICAS-4847332.pdf
21. Drucker, A., Gomez, V. y Anderson, S. (2001). The economic valuation of farm animal genetic resources: a survey of available methods. *Journal of Ecological Economics*. Vol. 36 pp. 1-18.
22. EPA, 2000. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo subsuperficial. Recuperado de:
http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2003_07_10_mtb_cs_00_023.pdf
23. Espigares García M. y Fernández-Crehuet M. 1999. Calidad del agua para consumo público: caracteres físico-químicos. En estudio sanitario del agua. Editorial Universidad de Granada, Granada, pp. 85- 114
24. FAO, 2010. Principales enfermedades de cerdos. Recuperado de:
<http://www.fao.org/3/a-as540s.pdf>
25. Fernández, J., 2004. Manual de Fitodepuración, Ayuntamiento de Lorca, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado de:
26. Fúquene, C. E. (2007). Producción limpia, contaminación y gestión ambiental. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
27. García D. & Leal D., 2006. Desarrollo de un humedal artificial piloto con especies no Convencionales para mitigar la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales provenientes del centro de visitantes del parque nacional natural Amacayacu –Amazonas. Recuperado de:
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/14844/1/T41.06%20G165d.pdf>
28. García, Z., 2012. Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Recuperado de: http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf
29. García, J., 2012. Enfoques actuales en Química Agrícola. Recuperado de:
http://www.unav.edu/departamento/quimicayedafologia/files/file/quimicayedafologia/Garcia%20Mina/Title%20and%20Chapter%201_-1.pdf.

30. González, A., 2002. Organización del cuerpo de las plantas: Raíz. Recuperado de: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema1/1-7raiz.htm>
31. GTZ. (2002). Guía de buenas prácticas de gestión empresarial (BGE) para pequeñas y medianas empresas. Programa piloto para la promoción de la gestión ambiental en el sector privado en países en vías de desarrollo. Recuperado de: [http://www.iadsargentina.org/pdf/ANEXO%20IV%20-%20Guia%20BGE%20\(1\).pdf](http://www.iadsargentina.org/pdf/ANEXO%20IV%20-%20Guia%20BGE%20(1).pdf)
32. Instituto Nacional de Estadística (INE), 2008. Estadísticas e indicadores del agua. Recuperado de: <http://www.ine.es/revistas/cifraine/0108.pdf>
33. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 1998. Agua, Calidad del agua, Muestreo, técnicas de muestreo. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>
34. Jaramillo, M. y Flores, E., 2012. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (Lenteja de agua), y *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Recuperado de: <dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2939/1/UPS-CT002482.pdf>
35. Machado, L., Urdaneta, S., Hernández, A., Abreu, A. y Mármol, L., 2010. La Lenteja de agua (*Lemna* sp), en el comportamiento biológico de la lombriz roja (*Eisenia andrei*). Recuperado de: http://revfacagronluz.org.ve/PDF/octubre_diciembre2010/v27n4a20103.pdf
36. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca del Ecuador, 2012. Guía de Buenas Prácticas Porcícolas. Recuperado de: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/GUia%20PORCiOLA.pdf>
37. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. Resolución No. 111. Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del Agro. Recuperado de: http://agrocalidad.gob.ec/agrocalidad/images/pdfs/InocuidadAlimentaria/RESOLUCION_111_PECUARIA.pdf
- Lara, J. 2009. La Bioingeniería. Recuperado de: <https://jolg27.files.wordpress.com/2009/11/tecucionesdif.pdf>
38. Libby, Y. y Emblenton, K., 2001. Manejo de Estiércol del ganado. Recuperado de: <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/ABORG3.pdf>

39. López, S. y Sendra, J., 2001. Apuntes de Bioingeniería. Recuperado de: http://www.iuma.ulpgc.es/~jrsendra/Docencia/Bioingenieria/PDF/Apuntes/BioIng_ULPGC_2001.pdf
40. Mariscal, G., 2007. Tratamiento excretas de cerdos. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf
41. Needham, S., Ruppin, P., y Browne, D. (2000). Best Practice Environmental Management in Mining - Cleaner Production. Australia: Commonwealth of Australia.
42. Osnaya M., 2012. Propuesta de diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad de la Sierra Juárez. Recuperado de: <http://www.unsij.edu.mx/tesis/digitales/6.%20MARICARMEN%20OSNAYA%20RUIZ.pdf>
43. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO, 2012. Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf>
44. Pérez, R., 2010. Producción Porcina y contaminación del Agua en La Piedad, MICH. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/159.pdf>
45. Prévex, L., y Sánchez-Osuna, M. (2007). Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Recuperado de: http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Manual_de_produccion_mas_limpia_para_el_sector_industrial_citricola.pdf
46. PNUMA/IMA. (1999). Producción más limpia. Recuperado de: <http://www.pnuma.org/industria/publicaciones.php>
47. ONU, 2005. El agua, fuente de vida. Disponible en: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy_2011/pdf/info_brief_water_and_agriculture_spa.pdf
48. Queralt, R. 2003 Tratamiento de aguas industriales: Generalidades, Fundación Universitaria Iberoamericana, Barcelona. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Recuperado de: http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf

49. REED, Sherwood. Natural systems for waste management and treatment. McGrawHill, 1995, p. 173-238.
50. Robinson, A., 1993. Searching for Common Approaches Between Agriculture and Environmental Concerns. Meeting the Environmental Challenge. Environmental Symposium.
51. Santambrosio, E., 2010. Catedra de Biotecnología sobre la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Recuperado de: http://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_ano/biotecnologia/DBO.pdf
52. SISMA S.A., 2005. Red Empresarial Vanguardia. Recuperado de: <http://www.redempresarial.info/redempresarialvanguardia/red-de-accionistas/sala-deprensa/quesproduccionmaslimpia>
53. Sociedad Latinoamericana para la calidad, 2010. ¿Cómo realizar un “Checklist” para definición de problemas? Recuperado de: <http://sadmalmalvinasargentinas.pbworks.com/w/file/fetch/48322780/00-Checklist%20para%20definici%C3%B3n%20de%20problemas.pdf>
54. Taiganides, E., Pérez R., Girón E., 1992. Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.
55. Texto Unificado de Legislación Secundaria del MAG, Libro II. Recuperado de: <http://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/texto-unificado-de-legislacion-secundaria-del-mag.pdf>
56. Torres, G., Navarro, A., Languasco, J., Campos, K. y Cuizano, N., 2007. Estudio preliminar de la fitorremediación de cobre divalente mediante Pistia stratioides (lechuga de agua). Recuperado de: <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-2-estudio-preliminar-de-la-fitoremediacion-de-cobre.pdf>
57. TULSMA, Libro VI, Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.
58. UNEP. (1999). United Nations Environment Programme. Recuperado de: <http://www.uneptie.org/scp/cp/understanding/industries.htm>

59. UNEP/UNIDO. (2004). United Nations Environment Programme. Recuperado de:
<http://www.uneptie.org/shared/publications/pdf/WEBx0072xPA-CPcentre.pdf>
60. Velázquez, N., Martínez, Díaz, M., y Quiroz, M. Investigación de plantas acuáticas uso, variedad y su capacidad de adaptación para el tratamiento de las aguas residuales, servidas ò negras. Recuperado de:
<http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2010/4%20Verano%20Introduccion%20UAQ/UAQ%20Velazquez%20Gudinno.pdf>
61. Yocum, 2002. Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración. Recuperado de:
http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGris es.pdf

ANEXOS

Socialización del proyecto con el propietario.



Fotografía 14.



Fotografía 15.

Etapa 2: Recolección de información acerca del proceso de producción porcina.



Fotografía 16.



Fotografía 17.



Fotografía 18. Suelo degradado.



Fotografía 19. Tubo de salida del corral.



Fotografía 20. Plantaciones aledañas al corral.



Fotografía 21. Riachuelo



Fotografía 22. Laguna de Jacintos de agua.



Fotografía 23. Riego de planta acuática.



Fotografía 24. Riego de planta acuática.



Fotografía 25. Nueva ramificación en *Eichhornia crassipes*



Fotografía 26. Plantas acuáticas en proceso de aclimatación.



Fotografía 27. Toma de muestra físico-química.



Fotografía 28. Toma de muestra de agua.



Fotografía 29. Toma de muestra físico- química.



Fotografía 30. Toma de muestra microbiológica.



Fotografía 31. Análisis microbiológico



Fotografía 32. Análisis Físico-químicos.



Fotografía 33. Refrigeración de las muestras.



Fotografía 34. Limpieza del corral



Fotografía 35. Recolección del agua residual.



Fotografía 36. Llenado de la planta piloto con agua residual.



Fotografía 37. Plantas acuáticas dentro del sistema de depuración.



Fotografía 38. Agua residual previamente tratada en el filtro de grava.

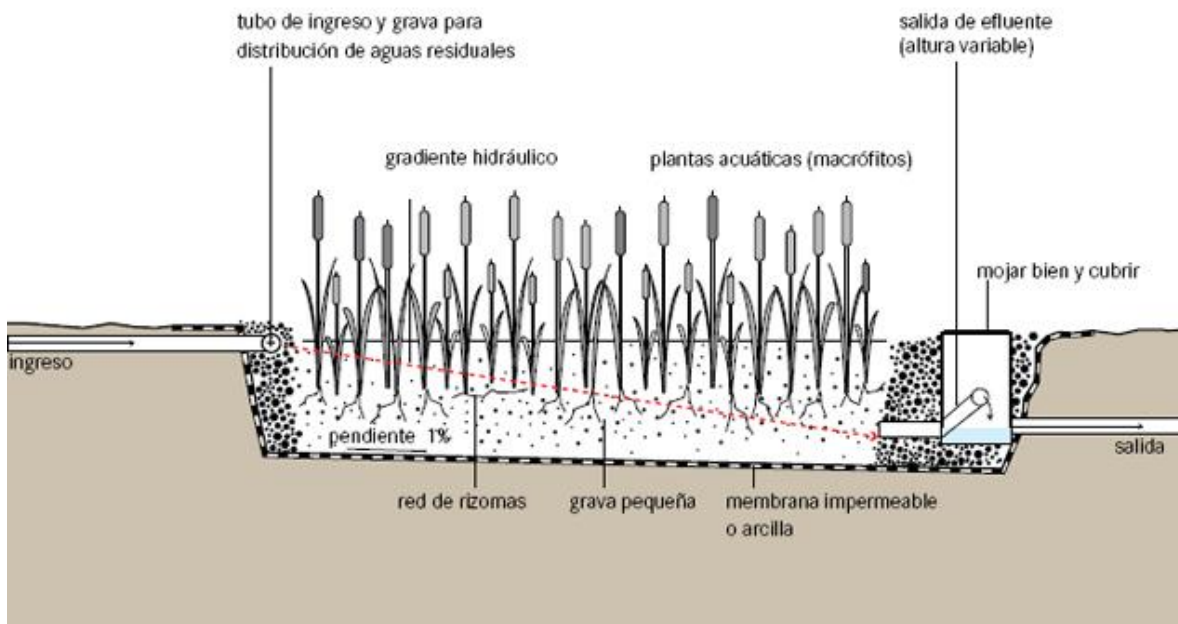


Figura 7. Diseño del Humedal Artificial de flujo subsuperficial horizontal.

Fuente: Alianza por el agua, (s.f.)

ANEXO 1

Check List de Instalaciones.

Instalaciones				
Servicios Básicos	Nivel de Cumplimiento			Observaciones
	0	1	2	
Acceso al servicio de agua potable.				El agua es permanente
Acceso al servicio de energía.				La energía es permanente
Alcantarillado.				No existe
Recolección de residuos.				Es escaso, casi nulo
Caminos y obras básicas				
El camino principal de la finca es accesible				La vía principal está en buen estado.
Existe señalización y nombres de los lugares en el camino principal				
El camino secundario a la finca se encuentra en buen estado.				Esto es parcial, porque en época lluviosa el camino se hace fango.
Existe señalización y nombres de los lugares del camino secundario.				No existe ningún letrero para llegar a la finca, no es fácil llegar si no se conoce el camino.
Existe en el ingreso de la finca una puerta que restrinja el ingreso de visitantes.				Si, existe una puerta de madera con candados.
Estado de la instalación				
En el ingreso de la finca existe un rotulo con el nombre de la explotación y el código de registro de AGROCALIDAD.				No existe ningún letrero, ni con el nombre de la finca.
Corral				
El área se encuentra delimitada.				Si, existe un corral grande que se encuentra

		dividió por segmentos para distribuir el ganado.
Se tiene instalaciones para agua de bebedero		En las paredes de cada segmento del corral existe una tubería que cuando los cerdos succionan sale agua.
El piso del corral se encuentra encementado		El corral es totalmente de cemento y con un compartimiento para colocar el alimento.
Sanidad y seguridad		
Acumulación de estiércol.		Al lavar el corral, las excretas se acumulan afuera del corral, no se las recoge.
Existe presencia de agua estancada.		El agua residual es canalizada por una pendiente para el riego de cultivo, provocando que el suelo se torne con un mal aspecto y lodoso.
Existen olores en el ambiente.		Debido al nulo manejo de excretas y agua residual.
Existe presencia de vectores ambientales.		De manera permanente.
Existe tratamiento de aguas residuales.		El agua residual se la utiliza para riego de cultivo, sin previo tratamiento.
Existen desagües y pendiente en el piso para facilitar el lavado de los corrales.		
Recipientes para desechos especiales.		No hay ningún

recipiente para residuos dentro de la finca, estos desechos en ocasiones son enterrados.

Fuente: Albuja, 2012, MAGAP, 2012 y FAO, 2012.

ANEXO 2

Check List de Salud Animal

Salud Animal				
Identificación del animal	Nivel de cumplimiento			Observaciones
	0	1	2	
Los animales están areteados.				Los animales no se encuentran registrados.
Los animales tienen alguna marca				Tampoco están marcados.
Control y seguimiento de enfermedades				
El control y seguimiento de los animales lo realiza un veterinario.				Lo realiza el propietario de la finca, de manera tradicional.
Los animales que presentan enfermedades son aislados.				Si son aislados.
Se vacuna contra enfermedades.				Periódicamente son vacunados.
Existen enfermedades.				La enfermedad que presentan los cerdos es dérmica, les sale algo de caspa y se les coloca violeta de genciana.
Los tratamientos son prescritos por un médico veterinario.				El propietario por experiencia y conocimiento empírico ya sabe que dosis aplicarles a los cerdos.
Los tratamientos son suministrados con dosis prescrita.				
Los medicamentos de uso veterinario son los registrados en AGROCALIDAD.				
Equipo inyectable es descartable.				
Se cumple con las vacunas según calendarios.				

Fuente: Albuja, 2012, MAGAP, 2012 y FAO, 2012.

ANEXO 3

Check List de Inocuidad Alimentaria.

Inocuidad Alimentaria.				
Alimentación Animal	Nivel de cumplimiento			Observaciones
	0	1	2	
Se da balanceado al ganado porcino.				Según la etapa en la que se encuentre el cerdo se lo alimenta con balanceado, suero, frutas.
Los animales tienen agua de bebedero.				Los corrales cuentan con una instalación para que los cerdos consuman agua.

Fuente: Albuja, 2012 y Agrocalidad, 2012.

ANEXO 4

Check List de Ambiente.

Ambiente				
Residuos Orgánicos e Inorgánicos	Nivel de cumplimiento			Observaciones
	0	1	2	
Recipientes para residuos orgánicos e inorgánicos. Clasificación de residuos. Se da tratamiento o se gestiona algún manejo al estiércol.				No existe ningún tipo de recipientes. Totalmente nulo. Ningún manejo, el estiércol es colocado en una pendiente, en contacto directo al suelo.
Los frascos o fundas que hayan tenido contenido de productos químicos son perforados.				Son perforados pero enterrados en el suelo.
El agua de lavado y limpieza del corral es descargada a un cuerpo de agua.				No es canalizada a un cuerpo de agua, si no al suelo directamente.

Fuente: Albuja, 2012.

ANEXO 5

PLAN DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

Objetivo:

- Promover el uso eficiente del recurso hídrico.
- Optimizar las condiciones sanitarias de las instalaciones.
- Plantear una opción para el tratamiento del agua residual pecuaria.

1.1. Programa de manejo de Residuos.

Objetivo:

- Plantear medidas adecuadas para el manejo de los residuos y desechos que se generan por las actividades ejecutadas dentro de las instalaciones de la finca.

Área de Intervención:

Instalaciones de la Finca Maranatha.

Responsabilidad:

Propietario: Encargado de implementar las recomendaciones acerca de la gestión de los residuos y desechos en la finca. Debido a que el acceso al lugar está condicionado y el municipio no recolecta la basura por la zona, el dueño de la finca deberá tomar en cuenta otras medidas para aprovechar los residuos orgánicos y minimizar los impactos al ambiente.

Trabajador: Encargado de realizar las actividades de separación, almacenamiento, tratamiento de residuos orgánicos y entrega de residuos inorgánicos según lo establecido en este programa.

Residuos Inorgánicos

Son aquellos que no son degradables, es por ello que se tomarán las siguientes medidas:

Separación en la fuente:

Será necesario que personas capacitadas en el tema de gestión integral de residuos realicen charlas al trabajador de la finca con el propósito de que logre identificar el tipo de residuo inorgánico que se generan en el sitio.

Así mismo, será importante colocar recipientes rotulados de la siguiente manera:

- Plástico
- Papel y cartón
- Vidrios
- No reciclables o peligrosos

Disposición Final:

Este apartado se complica porque el servicio de recolección del municipio no tiene acceso hasta el lugar, por lo que el propietario tendrá que ingeniar una forma para lograr entregar este tipo de residuos, por otro lado, los residuos peligrosos o no reciclables deberán ser entregados en fundas de color negro; en el caso de que existan frascos de productos químicos habrá que perforarlos y hacerles el triple lavado y el cartón y papel deberán ser colocados en un saco.

Residuos orgánicos:

Para que el trabajador de la finca tenga conocimiento acerca de los tipos de residuos orgánicos y la manera de aprovecharlos será indispensable que un personal capacitado en el tema realice pequeñas charlas y le enseñe medidas para lograrlo.

También se deberá colocar un recipiente rotulado con el nombre de Residuos Orgánicos.

Tratamiento:

Para el estiércol porcino se presentan las siguientes alternativas:

Realizar abono orgánico derivado del estiércol, este producto sería beneficioso para el suelo porque le brinda fertilidad y será útil para los cultivos de la finca.

Según Libby, Y. y Emblenton, K. (2001), los pasos para realizarlo serían:

1. Recogida de las excretas del corral de cerdos.
2. Traslado de las excretas hasta el lugar confinado para el almacenamiento, el cual debe ser alejado de las actividades productivas de la finca.
3. Apilar y extender las excretas y dejarlas secar por lo menos tres semanas, expuesto al sol, en el caso de lluvia cubrirlo con un material impermeable para evitar humedad.
4. Airear periódicamente el estiércol, al menos tres a cuatro veces por semana, con la ayuda de una pala.
5. El estiércol seco estaría listo para ser aplicado en el suelo, los nutrientes presentes en el estiércol ayudarán a mantener la fertilidad del suelo.

Cada tres semanas se realizará la elaboración del abono, mientras tanto en un sitio de acopio se almacenará el estiércol. Este método es el más óptimo debido a que es fácil, sencillo, poco trabajoso para el peón de la finca.

1.2.Programa para implementación de señalética.

Las instalaciones de la finca no cuentan con ningún tipo de señalética tanto de riesgo como de seguridad para el peón. Por lo tanto este programa tiene como fin indicar los sitios de la finca que necesitan ser señalizados.

Área de intervención:

Instalaciones de la Finca Maranatha

Actividades:

Efectuar la señalética dentro de las instalaciones según lo que establece el MAGAP, en su GUÍA DE BUENAS PRACTICAS PORCÍCOLAS:

- Colocación de un rótulo con el nombre de la Finca “Maranatha”
- Señalización para la restricción de ingreso a la Finca Maranatha.
- Señalización para los productos tóxicos.
- Señalización para el alto voltaje o equipos eléctricos (bomba).
- Rotulación con el nombre de cada una de las instalaciones de la finca.
- Señalización para los recipientes de residuos.

1.3. Programa de capacitación al personal.

Objetivo: capacitar al personal de la finca acerca del manejo adecuado de remanentes sólidos y líquidos y las técnicas ambientales para la reducción de los impactos.

Personal al que va dirigido:

- Peón
- Propietario de la Finca

Actividades:

- Se llevarán a cabo 4 talleres en un año dentro de las instalaciones de la Finca Maranatha, lo ideal es que el taller sea dictado por equipo técnico especializado del Ministerio del Ambiente y AGROCALIDAD.
- Los temas de los talleres son:
 - Capacitación sobre el adecuado manejo de remanentes sólidos y su separación en la fuente.
 - Capacitación sobre técnicas de limpieza y desinfección (ahorro de recurso hídrico).
 - Capacitación sobre el uso de equipo de protección personal.
 - Capacitación sobre la identificación de la señalética.

1.4. Programa para el uso eficiente del agua.

Objetivo:

Plantear medidas adecuadas acerca del uso eficiente del agua para que el propietario tome en cuenta y las ponga en práctica.

Área de intervención:

Corral de cerdos.

Responsabilidad:

Peón: encargado de realizar todas las actividades dentro de la finca, es la única persona que maneja el recurso hídrico ya sea para el lavado del corral, alimento o llenar las reservas de agua.

Actividades:

- Establecer un plan de monitoreo del consumo de agua por etapa del proceso.
- Colocar un medidor para controlar el consumo de agua.
- Fomentar al trabajador de la finca el desarrollo de la producción más limpia para reducir el consumo del recurso hídrico.
- Realizar un inventario de los residuos generados en el proceso productivo.
- Implementar una metodología de limpieza en seco en las áreas del proceso para evitar el barrido de residuos con la presión del agua.
- Aplicar un sistema de recirculación del agua. (Planta de Tratamiento de aguas residuales)
- Regar las zonas verdes de la finca con agua tratada.

Tabla 12.*Análisis de costos de inversión.*

Programa	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Total
Programa de manejo de residuos	Contenedor para residuos orgánicos.	Unidad	1	62	62
	Contenedor para residuos inorgánicos. (plástico, papel y cartón y vidrio)	Unidad	3	62	186
	Contenedor para residuos peligrosos	Unidad	1	62	62
	Pala	Unidad	1	12	12
	Funda para la basura	Paquete	2	1,5	3
	Guantes	Unidad	1	2	2
	Carreta	Unidad	1	52	52
	Total				
Programa para implementación de señalética.	Rótulo de la finca.	Unidad	1	80	80
	Rótulo para restricción del ingreso y las normas a seguir.	Unidad	1	60	60
	Señalización para productos tóxicos.	Unidad	1	12	12
	Señalización de cada área.	Unidad	3	12	36
	Señalización para los contenedores de residuos.	Unidad	1	12	12
	Total				
Programa de capacitación al personal	Personal técnico	Unidad	2	150	300
	Transporte	Unidad	8	6	48
	Refrigerio	Unidad	8	2	16
	Total				
Programa de uso eficiente de agua	Control del consumo de agua				
	Medidor	Unidad	1	200	200
	Mano de obra para colocar el medidor	Unidad	1	20	20
	Total				

Planta de tratamiento				
Limpieza del terreno				
Pala	Unidad	1	12	12
Pico	Unidad	1	9	9
Fundas para la basura	Paquete	2	1,5	3
Mano de obra	Unidad	1	20	20
Total				44
Construcción de Planta de tratamiento				
Excavación del terreno	Unidad	3	20	60
Membrana impermeable	m ²	4	1,5	6
Ripio	t	0,5	14	7
Arena fina	t	0,25	10	5
Arena gruesa	t	0,25	10	5
Tubo PVC	m	6	14	28
Bomba	Unidad	1	110	110
Análisis de agua	Unidad	1	134,40	134,40
Transporte del material	Unidad	1	20	20
Transporte de vegetación	Unidad	1	40	40
Total				415,4
Valor total				1622,40

ANEXO 6

Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L

Tabla 13

Registro para el mantenimiento del equipo e instalaciones de la finca

Nombre	Mantenimiento Requerido	Puntos a observar	Fecha de mantenimiento	Responsable	Fecha Próxima
--------	----------------------------	----------------------	---------------------------	-------------	------------------

Fuente: CNP+LH, 2009.

Tabla 14

Ficha para el control de la implementación de buenas prácticas.

Nombre de la Finca _____ Responsable de la verificación _____ Fecha:-

Práctica	Área del proceso en que se implementa	Fecha de verificación	Es eficiente (si o no)	Recomendaciones.
----------	--	--------------------------	---------------------------	------------------

Fuente: CNP+LH, 2009.

Tabla 15

Hoja para el control de la entrada de agua.

No.	Fecha.	Punto de entrada de Agua.	Cantidad (m ³).	Observaciones.
-----	--------	---------------------------	--------------------------------	----------------

Fuente: CNP+LH, 2009.

Tabla 16

Hoja para el control de la salida de agua.

No.	Fecha.	Punto de salida de Agua.	Cantidad (m ³).	Observaciones.	Tratamiento utilizado.	Resultados de análisis.
-----	--------	--------------------------	-----------------------------	----------------	------------------------	-------------------------

Fuente: CNP+LH, 2009.

Tabla 17

Registros de residuos líquidos.

Agua residual.	Fuente contaminante.	Cantidad aprox. (m ³)	Peligro.	Tipo de tratamiento	Resultados esperados.
----------------	----------------------	-----------------------------------	----------	---------------------	-----------------------

Fuente: CNP+LH, 2009.

ANEXO 7

Manual Guía para la explotación porcina en la Finca Maranatha.

Introducción:

Esta guía básica está dirigida al propietario de la finca, con el propósito de que sea tomada en cuenta para restablecer el control sanitario dentro de las instalaciones y el uso eficiente de los recursos sobre todo el hídrico.

La información que se explica en este manual se basa en normas de AGROCALIDAD del MAGAP, es por ello que el propietario al llevar a cabo las indicaciones que se establecen en la guía no solo minimizará el costo de producción y optimización del uso de los recursos naturales, sino que además podrá apelar ante el MAGAP, en el departamento de Agrocalidad, para que se le otorgue un certificado que indique que en la finca se están llevado a cabo buenas prácticas ambientales y así evitará futuras multas o clausura.

Para la elaboración del manual se tomaron en cuenta los siguientes pilares:

- Instalaciones
- Inocuidad Alimentaria
- Ambiente
- Salud Animal

Según la Guía de Buenas Prácticas Porcícolas establece que los productores que deseen obtener el certificado de cumplimiento de Buenas Practicas Pecuarias deberán presentar una solicitud ante AGROCALIDAD, pagar la tasa y esperar el proceso inspección, pero antes de ello debe seguir las siguientes indicaciones:

1. UBICACIÓN, ESTRUCTURA Y SANIDAD DE LAS INSTALACIONES.

Para asegurar que las actividades productivas se lleven a cabo en un entorno seguro, es importante poner énfasis en las circunstancias sanitarias y ambientales que tienen las instalaciones de la finca.

Mapa del sitio:

Las granjas porcinas deben realizar un croquis indicando:

1. Localización e infraestructura:
 - Ubicación geográfica, (coordenadas UTM WG84)
 - Dibujar las vías de acceso y caminos internos.
2. Áreas productivas y no productivas de la explotación.
3. Ciclo productivo dentro de la granja: colocar cuáles son las etapas de producción que maneja la granja y realizar el diagrama de flujo del ciclo productivo.
4. Bodegas de almacenamiento
5. Áreas verdes

De los galpones de producción:

- Al momento que exista en el predio más de un corral, éstos deben estar alejados por un espacio que permita el paso del equipo de limpieza.
- Los galpones, techos y muros deben estar cubiertos de material que permita el fácil lavado y desinfección para controlar la contaminación.

De los corrales

- El espacio de los corrales debe ser suficiente para que los cerdos puedan acostarse y levantarse sin dificultad, además todos los cerdos deben tener acceso a un espacio seco para descansar.

- Los corrales deben estar contruidos para que la superficie del material de construcción del corral sean de fácil limpieza y desinfección.
- Los corrales deben estar en buenas condiciones para evitar lesiones a los cerdos o al personal que labore en el lugar.
- Brindar confort a los animales durante todas las etapas de producción.
- Los bordes deberán ser firmes y fijados al suelo para que los cerdos no puedan moverlos.

Equipos e instalaciones para alimentación y bebederos

Los conductos de alimentos deben ser:

- De fácil limpieza.
- Fabricados de materiales que no perjudiquen la salud del animal.
- No poseer piezas corto punzante.
- Presentar resistencia al agua.

Pisos dentro de los corrales

- Evitar que los pisos sean resbalosos, cubrirlos de un material antideslizante.
- Asegurar que se mantengan limpios, secos y frescos.
- Tapar todo tipo de huecos para evitar que el animal sufra de torceduras o lesiones.
- De existir animales enfermos durante un ciclo de producción, debe existir un sitio aislado para él y el suelo deberá ser desinfectado luego de su uso.

Caminos y otras superficies de la granja fuera de los corrales.

- Los caminos y superficies fuera del área del corral deben ser de superficie lavable, no resbalosa, sobre todo porque al momento del traslado de los animales, estos caminos deben ser limpiados recogiendo las heces en seco, lavados y desinfectados.

Procedimientos para la carga y descarga de animales.

- Se debe proteger al animal del estrés o daño que le puede causar el traslado de un sitio a otro. Así mismo, el trabajador de la finca debe tener la tecnología suficiente para que el animal no sufra lesiones durante el proceso.

Almacenamiento de equipos

- Identificar cada equipo de limpieza y asegurarse que cada uno sea propio de su sitio.
- Los equipos y ropa de protección personal se deben guardar en un sitio bajo llave.

Instalaciones del agua

- Las áreas que sean destinadas para el almacenamiento o abastecimiento de agua para consumo del animal deben ser identificadas.
- Debe contar la finca con buenas instalaciones de tuberías para evitar que se crucen las del agua potable con las de aguas negras.

Accesos a la granja

- La granja debe poseer accesos adecuados para el ingreso desde los caminos públicos, los que deben ser seguros para evitar accidentes.
- La entrada a la granja es restringida, solo pueden ingresar personas y vehículos autorizados cumpliendo con los procedimientos de bioseguridad, así como solo deben ingresar animales visiblemente sanos.
- Las personas y vehículos que entran a la granja deben proceder a desinfectarse antes y después de entrar a la granja.
- El procedimiento de embarque y desembarque de cerdos, debe realizarse fuera de la granja, evitando el ingreso frecuente de vehículos dentro de la finca.
- Los alimentos no se deben ingresar al mismo tiempo que se están desembarcando los animales, así mismo, tampoco al momento de evacuar los residuos, desechos o de animales muertos.

Energía

- La finca debe contar con fuente de energía que permita el funcionamiento de todas sus operaciones.

2. BIOSEGURIDAD

Agrocalidad (2012) en su Manual de Bioseguridad indica lo siguiente:

Protección de la finca

La explotación debe contar con:

- Cerco perimetral para evitar el ingreso de personas y animales extrañas.
- Rótulos que indiquen:
 1. Nombre de la explotación.
 2. Prohibida la entrada a particulares.
 3. Código oficial emitido por AGROCALIDAD
- La zona de ingreso debe existir una puerta con llave siempre.
- Debe tener un rotulo que explique de forma didáctica las normas a seguir dentro de la finca.
- Todas las personas que ingresen a la finca deben poseer la ropa, calzado y botas adecuadas para el lugar.
- Las especies que se estén criando dentro de la finca deben estar separadas físicamente, para evitar el posible contagio de enfermedades entre especies.
- Deben colocar lavamanos por el área de la entrada a la finca.

3. SANIDAD ANIMAL

Programas de vacunación y enfermedades.

- Toda enfermedad que presente un daño perjudicial para el sector porcícola debe ser avisada a AGROCALIDAD.
- De la misma manera deben ser notificadas ante AGROCALIDAD y Ministerio de Salud Pública, aquellas enfermedades recurrentes en los cerdos que pueden ser un peligro para

la salud pública, siendo los responsables: el propietario del animal enfermo, el médico veterinario, el administrador de la finca.

Salud animal

- Diariamente se debe monitorear a los cerdos para verificar su estado de salud.
- Se debe contar con un médico veterinario.
- Se deben establecer horarios de visitas con el veterinario.
- El propietario de la finca debe seguir las instrucciones del veterinario.

Medidas de bioseguridad a tomar para animales nuevos.

- De la Bioseguridad: Solo deben ingresar y salir de la finca los animales cuya condición sanitaria esté certificada por un veterinario oficial o autorizado por AGROCALIDAD.

Medidas de bioseguridad a tomar para animales enfermos.

- Si un animal presenta una enfermedad contagiosa, se lo aísla e ingresa a cuarentena.
- Si no es posible aislar animales porque es alta la cantidad de animales que muestran alguna enfermedad, se debe evitar el contacto de los animales entre sí y poner en cuarentena todo el grupo.
- En caso de enfermedades obligadas a denunciar a AGROCALIDAD, misma que debe hacerse cargo y seguir el procedimiento respectivo.

4. AMBIENTE.

Para evitar la contaminación de las aguas por escurrimiento, filtración en el suelo o arrastre hacia los mantos superficiales o subterráneos, es necesario llevar a cabo el manejo, disposición y tratamiento de aguas residuales y desechos sólidos generados por la explotación porcícola, de acuerdo con la legislación ambiental vigente.

Manejo de los excretas.

- El excremento debe recibir algún tipo de tratamiento para evitar la contaminación.
- Los efluentes que se descarguen de cualquier tipo de sistema de tratamiento deben cumplir la normativa ambiental (TULAS Libro VI Anexo 1) conforme su aplicación o disposición final.

Manejo de desechos sólidos

- La finca debe poseer un plan de manejo para la separación de los desechos inorgánicos en el punto de origen, así se facilita su disposición final por medio de gestor.
- A través de una buena gestión de desechos orgánicos éstos pueden llegar a ser transformados en abonos.
- En toda el área de la finca, se debe prohibir terminantemente la quema al aire libre o acumulación de desechos sólidos.

ANEXO 8

Lista de los parámetros analizados en la primera muestra enviada al Laboratorio Químico Marcos.



RECEPCION DE MUESTRAS

NO. ORDEN:	37926	FECHA DE LLEGADA: 02/07/2014 17:05	
CLIENTE:	DE LA ESSE DE LA ESSE CEVALLOS DENISSE CAROLINE		
DIRECCION:	Gran Colombia y Jr. Coronel, Vía al Puerto		
ATENCIÓN A:	Ing. Denisse de le Esse		
FACTURAR A:	DE LA ESSE DE LA ESSE CEVALLOS DENISSE CAROLINE		
DIRECCION:	Gran Colombia y Jr. Coronel, Vía al Puerto		
ATENCIÓN A:	Ing. Denisse de le Esse		
ENTREGA DE RESULTADOS: 17/07/2014	PRIORIDAD: A	NO. DE MUESTRAS: 1	
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	01/07/2014	MATRIZ: AGUA RESIDUAL	
LUGAR MUESTREO:	ESMERALDAS - sector WINCHELE - finca MARANATHA		
IDENTIFICACION:	Muestra de AARR (CHANCHERA)		
TABLA COMPARATIVA:			
COORDENADAS GEOGRAFICAS:	MUESTREADO POR : DE LA ESSE CEVALLOS TIPO MUESTREO:		
Simple DURACIÓN MUESTREO:			
NORMA TECNICA:	N/A		
NO. LAB.	CLA. PAR.	PARAMETRO	METODO
37926-1	MB05	Coliformes Fecales-NMP	PEE-GQM-FQ-38
37926-1	MB08	Coliformes Totales-NMP	PEE-GQM-FQ-38
37926-1	MB14	Huevos Helmintos	10750
37926-1	N total	Nitrogeno total	4500 N C
37926-1	PF13	Turbidez	PEE-GQM-FQ-25
37926-1	PO02	Aceites y Grasas	PEE-GQM-FQ-03
37926-1	PO08	Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-17
37926-1	PO10	Demanda Química de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-16
37926-1	PQ17	Fosforo Total	4500 P
37926-1	PS01	Sólidos Totales	PEE-GQM-FQ-22
37926-1	PS02	Sólidos Suspendidos Totales	PEE-GQM-FQ-06
37926-1	PS05	Sólidos Disueltos Totales	PEE-GQM-FQ-23
37926-1	PS08	Sólidos Sedimentables	2540 F

Nota: Estos parámetros fueron analizados en el agua residual tratada por el sistema de tratamiento (Humedal artificial a escala piloto).

ANEXO 9

Lista de los parámetros analizados en la segunda muestra enviada al Laboratorio Químico Marcos.



RECEPCION DE MUESTRAS

NO. ORDEN:	40450	FECHA DE LLEGADA:	24/09/2014 16:23
CLIENTE:	DE LA ESSE DE LA ESSE CEVALLOS DENISSE CAROLINE		
DIRECCION:	Gran Colombia y Jr. Coronel, Vía al Puerto		
ATENCIÓN A:	Ing. Denisse de le Esse		
FACTURAR A:	DE LA ESSE DE LA ESSE CEVALLOS DENISSE CAROLINE		
DIRECCION:	Gran Colombia y Jr. Coronel, Vía al Puerto		
ATENCIÓN A:	Ing. Denisse de le Esse		
ENTREGA DE RESULTADOS: 06/10/2014	PRIORIDAD:	A	NO. DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE MUESTREO: 23/09/2014	MATRIZ: AGUA RESIDUAL		
LUGAR MUESTREO:	Esmeraldas		
IDENTIFICACION:	Agua Residual		
TIPO MUESTREO:	Simple		
TECNICA:	N/A		
MUESTREADO POR :	DE LA ESSE CEVALLOS		
NO. LAB.	CLA. PAR.	PARAMETRO	METODO
40450-1	MB05	Coliformes Fecales-NMP	PEE-GQM-FQ-38
40450-1	N total	Nitrógeno total	4500 N C
40450-1	PF01	Potencial de Hidrogeno	PEE-GQM-FQ-01
40450-1	PF13	Turbidez	PEE-GQM-FQ-25
40450-1	PO02	Aceites y Grasas	PEE-GQM-FQ-03
40450-1	PO07	Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-05
40450-1	PO10	Demanda Química de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-16
40450-1	PQ17	Fosforo Total	4500 P
40450-1	PS01	Solidos Totales	PEE-GQM-FQ-22
40450-1	PS02	Solidos Suspendidos Totales	PEE-GQM-FQ-06
40450-1	PS08	Solidos Sedimentables	2540 F

Nota: Estos parámetros fueron analizados en el agua residual tratada por el sistema de tratamiento (Humedal artificial a escala piloto).