

**CONSTRUCCION Y ADECUACION DE SISTEMAS SANITARIOS EN LA
GRANJA PORCICOLA "EL PORVENIR" (INVERSIONES AGROPECUARIAS
DEL CARIBE S.A. (INACAR)**

ANGEL YESID MIRANDA SIERRA

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA MARTA D.T.C.H
2009**

**CONSTRUCCION Y ADECUACION DE SISTEMAS SANITARIOS EN LA
GRANJA PORCICOLA "EL PORVENIR" (INVERSIONES AGROPECUARIAS
DEL CARIBE S.A. (INACAR)**



ANGEL YESID MIRANDA SIERRA

**Trabajo de grado presentado como
Requisito para obtener el título de
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA MARTA D.T.C.H
2009**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santa marta, 28 de Octubre del 2009



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera especial al señor Eliecer Corredor Campo y a todo su equipo de trabajo del Taller Industrial por su apoyo logístico en la construcción y sus asesorías permanentes.

Al Sr. Armando Gómez y a la Sra. Marina Castillo por facilitarme sus instalaciones y poder desarrollar nuestro proyecto.

Agradezco sinceramente al Sr. Carlos Domínguez por exponerme un poco de su experiencia y aclararme muchas dudas.

De inmensa forma agradezco de manera especial e incondicional, a mi padre Jairo Miranda, mi madre Lesvia Sierra, mi hermano Juan Carlos Miranda y mi novia Vanesa Pacheco. Los cuales son mi luz de cada día. Los Quiero muchos.

De igual forma agradezco a todas las personas que de una u otra forma me ayudaron a llevar este proyecto a su culminación.

GRACIAS.....

IAS
00080
8.1

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	9
1. OBJETIVOS.....	4
1.1 Objetivo general.....	4
1.2 Objetivos específicos.....	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3. DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	14
3.1 Generalidades.....	14
3.2 Localización.....	14
3.3 Productos y servicios.....	16
3.4 Organigrama de la empresa.....	17
3.5 Procesos técnicos productivos.....	18
4. DESCRIPCION CRÍTICA DEL TRABAJO REALIZADO.....	19
5. ACTIVIDADES REALIZADAS.....	20
5.1 Fase de reconocimiento.....	21
5.2 Fase operativa del proyecto.....	30
5.2.1 Optimización de la laguna de oxidación.....	31
5.2.2 Construcción de lagunas de oxidación complementarias.....	33
5.2.3 Diseño y construcción de sistema de compostaje Utilizando lombrices californianas	36
5.3 Fase de evaluación de las obras.....	39
5.3.1 Evaluación de la eficiencia del sistema lagunar.....	39
5.3.2 Evaluación del sistema de lombricultivo.....	44
6. RECOMENDACIONES.....	47
6.1 Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	47
6.2 Sistema de lombricultivo.....	48
7. CONCLUSIONES.....	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de cumplimiento de requisitos para la instalación de áreas en granja porcícola el porvenir.....	22
Tabla 2. Metodología utilizada para medir los parámetros físico-químicos.....	28
Tabla 3. Análisis de las muestras tomadas en la entrada y salida del sistema de laguna de oxidación condiciones iniciales.....	28
Tabla 4. Análisis de las muestras tomadas en la entrada y salida del sistema de laguna de oxidación condiciones finales.....	40
Tabla 5. Prueba de calidad de agua (Metales).....	42
Tabla 6. Prueba microbiológica. NMP.....	43
Tabla 7. Resultado del análisis físico-químico para el abono producido... en la granja porcícola el porvenir	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Granja porcícola "El Porvenir"	15
Figura 2. Localización granja "El Porvenir"	16
Figura 3. Construcción de hangares con capacidad para 200 cerdas.....	30
Figura 4. Canal auxiliar de laguna de oxidación.....	31
Figura 5. Obras de mantenimiento en laguna de oxidación, extracción de lodo y ampliación de laguna.....	33
Figura 6. Camas de estiércol de cerdo en proceso de conversión a humus.....	37
Figura 7. Comparación de remoción de DBO antes y después de las modificaciones realizadas al sistema de laguna de oxidación.....	42



LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Prueba de laboratorio muestra de agua a la entrada y salida del sistema de laguna (condiciones iniciales).....	54
Anexo 2. Prueba de laboratorio muestra de agua a la entrada y salida del sistema de laguna (condiciones finales)	56
Anexo 3. Prueba de laboratorio para suelo.....	58
Anexo 4. Construcción de lagunas de oxidación complementarias	59
Anexo 5. Área de compostaje.....	60
Anexo 6. Canal auxiliar construido.....	60
Otros anexos.....	61

INTRODUCCION

En los últimos tiempos, la agroindustria ha emprendido un desarrollo inusitado debido a la diversificación que ha tenido en relación con los beneficios que de ella se pueden obtener, es decir, ya no solo el componente alimenticio abarca toda su magnitud, también el ámbito energético ha empezado desde algunos años atrás a sustraer atención entre los agroindustriales. No obstante, esta magnificación de productividad acarrea una cantidad de impactos adversos y acumulativos en el medio que ya han sido identificados. (Carmona et al, 2003).

En la medida en que las explotaciones del subsector porcícola y vacuno han ido creciendo y concentrándose en muchas regiones de Colombia, han surgido algunos inconvenientes con el manejo de los residuos generados. Estos residuos pueden ser de tipo orgánico (estiércol sólido o fresco y animales muertos) o inorgánicos (envases, frascos, empaques, etc.). Pero sin lugar a dudas uno de los residuos que genera mayor controversia es la excreta debido al volumen generado y a sus características físico-químicas que dificultan su manejo (MMA, 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio se centró en la búsqueda de soluciones ambientales sostenibles a los problemas de orden sanitario que se evidenciaban en la granja porcícola “El Porvenir” por el manejo inadecuado de las excretas producidas. Con lo anterior, se buscaba mejorar la calidad ambiental en la granja y las zonas adyacentes a ella que estaban siendo perjudicadas por los impactos negativos generados. Adicionalmente, era necesaria la realización de este tipo de estudio en pro del cumplimiento de directrices establecidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el aseguramiento de niveles de aptitud ambiental adecuados.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Construir y adecuar sistemas sanitarios en la granja porcícola “El porvenir” (inversiones agropecuarias del Caribe S.A, INACAR) para mitigar los impactos ambientales negativos producidos por el mal manejo de las excretas de cerdo.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Optimizar la laguna de tratamiento de aguas residuales de las porquerizas para minimizar el impacto ambiental evidenciado en la granja porcícola.
- Diseñar un sistema de producción de humus con base al estiércol de ganado porcino, utilizando lombrices rojas californianas.
- implementar capacitaciones entre la comunidad de influencia del proyecto, sobre los beneficios socioeconómicos que presenta el reciclaje de residuos sólidos en las granjas.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante los últimos 15 años, el sector porcícola ha realizado un importante esfuerzo para potenciar aun más la cadena productiva de esta industria, con miras a fortalecer su participación en el mercado interno y crear opciones en el mercado externo representado en proteína animal. Esto se ha manifestado en los adelantos zootécnicos para explotaciones porcícolas y en el mejoramiento de los productos finales, dando como resultado un producto de excelente calidad, una carne de cerdo con alta proporción de magro y mejores propiedades nutricionales. (ACOVEZ, 2009)

Sin embargo, el tema ambiental en la porcicultura es crítico por el tipo de residuo que produce el cerdo, excretas con un alto contenido de humedad lo que representa problemas de percolación en el suelo principalmente, e inconvenientes técnicos para su recolección, almacenamiento y posterior tratamiento, entre otros problemas relacionados con sus propiedades físico-químicas, y generalmente, se implementan modelos con grandes concentraciones de animales y poca integración con la agricultura y siempre se tiende a menospreciar los problemas que conlleva este modelo basado en la sobreexplotación animal y por consiguiente una sobreproducción insostenible de residuos, agravando la situación.

Las granjas porcícolas inmersas en terrenos aptos para cultivo en general, que introducen nuevamente las excretas sólidas al proceso productivo utilizándolas como abono para el suelo, la mayor proporción la recicla en estado fresco, es decir generalmente son recogidas de forma manual en las corraletas, y luego se depositan directamente en el suelo, o son llevadas a un estercolero (lugar donde se acumulan las excretas) en donde se apilan por varios meses y se deshidratan, posteriormente se utilizan como abono para suelos con vocación agrícola. Cabe resaltar, que los estercoleros por lo general no cuentan con

medidas básicas de diseño para impermeabilización ni recubrimiento, por lo que se evidencian impactos negativos por el contacto directo en el suelo y las constantes emanaciones de amonio al aire, debido a sus características. Para entender un poco más acerca de este tema, según MMA – ACP (2002), la orina representa aproximadamente el 45% de la excreta y las heces el 55%. El contenido de humedad de la excreta está alrededor del 88%; el contenido de materia seca es del 12%. Cerca del 90% de los sólidos se excretan en las heces; la orina contiene el 10% de los sólidos. La densidad de la excreta fresca es ligeramente menor de 1.0 (aunque son comunes las referencias de valores ligeramente superiores a 1.0). El total de los sólidos tiene una densidad baja, de 0.84 kg/l. La excreta porcina contiene sólidos que flotan y sólidos que se sedimentan además de sólidos en suspensión. Los sólidos volátiles totales constituyen el 80% de los STT y cerca del 10% de las heces y orina excretadas por día.

El manejo de las excretas en fresco magnifica el riesgo de contaminación del ambiente debido también a la volatilización del nitrógeno. Aún en las granjas donde las excretas se almacenan por varios meses, estas sufren cambios drásticos en sus propiedades fisicoquímicas debido al intemperismo que son sometidas; no existe una metodología particular y estandarizada para controlar este tópico y tampoco se usan materiales idóneos para aislar a los residuos del suelo y el aire.

La mezcla que pudiese existir entre las excretas frescas con el alimento del ganado y los cerdos implica un riesgo de grandes proporciones por el potencial contagio y transmisión de enfermedades por parte de los agentes patógenos presentes en las excretas. En el caso de los cerdos, este fenómeno puede verse reflejado en la aparición de problemas intestinales, lo que conllevaría a volver a los programas de prevención y tratamientos de los problemas sanitarios obsoletos por

la ineficacia para tratar problemas adicionales que pueden mermar el desarrollo total de la granja.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, es ineludible el riesgo potencial al que estamos sometidos todos los seres humanos al estar ubicados en la cúspide de la pirámide trófica, y al final, los últimos consumidores, por lo que el reciclaje de excretas tratadas en fresco, ya sea para agro-producción o alimentación animal representa un riesgo de transmisión de enfermedades.

La contaminación generada por una granja porcina afecta al microambiente (la granja misma) y al ambiente en general. En lo que respecta al microambiente, se ha visto que la exposición a los gases producidos (amoníaco, sulfuro de hidrógeno, metano y bióxido de carbono) representa riesgos directos a la salud de los trabajadores y de los cerdos de la explotación. Por otra parte, el ambiente se ve afectado a grosso modo por la cantidad de materia orgánica que este posee la cual, bajo condiciones anaeróbicas (como en fosas de almacenamiento de estiércol y en lagunas), será convertida a metano y dióxido de carbono, tanto el metano como el dióxido de carbono son gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. (FAO, 2001).

Existen diferentes métodos para el manejo de las excretas, algunos no poseen la tecnificación requerida y omiten el control de algunos parámetros lo que los convierte en parcialmente funcionales y en otros métodos se manejan conceptos de integralidad, y son idóneos para este tipo de situaciones. Una de las alternativas que existen para dar solución adecuada al problema de las excretas en las granjas es la implementación de la técnica llamada compostaje. En este proceso el compost, es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purinas, por medio de la reproducción masiva de bacterias aerobias termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar

posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos. Normalmente, se trata de evitar, en lo posible, la putrefacción de los residuos orgánicos por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes, aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción por bacterias anaerobias. De igual forma para garantizar un mayor grado de degradación se implementan otros sistemas biológicos como la lombricultura, considerada para muchos como la biotecnología más adecuada puesto que al utilizar una especie doméstica de lombriz, se logra reciclar todo tipo de materia orgánica, obteniendo como producto final humus, que es materia orgánica descompuesta en su totalidad, además se obtiene carne y harina de lombriz. Este proceso fue el que se realizó en la granja porcícola "El porvenir", con el objeto de encontrar los beneficios que esta conlleva.

Anterior a la ejecución de este proyecto, no existía un tratamiento los residuos sólidos y líquidos generados en las porquerizas, todas las excretas, aguas de lavado y micciones se depositaban en una laguna de oxidación, lo que representaba un problema ambiental sinérgico y muy complejo. Adicionalmente a esta peculiaridad se presentaban algunos problemas comunes en este tipo de sistema cuando son diseñados sin rigurosidad. Como son los malos olores, el exceso de material flotante, el desbordamiento o rebosamiento por manejar un mal caudal de diseño, entre otros. Al carecer de un sistema eficiente de tratamiento para los residuos orgánicos sólidos producidos (estiércol de cerdo) la laguna de oxidación estaba sobrecargada y supra utilizada, convirtiéndose en el problema más delicado y de una solución urgente.

3. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

3.1 Generalidades

INVERSIONES AGROPECUARIAS DEL CARIBE S.A. (INACAR) representada legalmente por el señor **ARMANDO GOMEZ**, se origino hace 8 años con la obtención de 15 cerdas reproductoras de baja calidad con el fin de incorporarse en el gremio de la industria porcícola. Con el trasegar de los años y bajo una buena inversión se obtuvieron 200 cerdas tipo **PIC-337**, las cuales están modificadas genéticamente de tal forma que es posible obtener un mejor desarrollo y calidad a través de la disminución del porcentaje de grasa corporal y el aumento de masa muscular además de completar el ciclo productivo en menor tiempo.

Figura 1. Granja porcícola “El Porvenir”

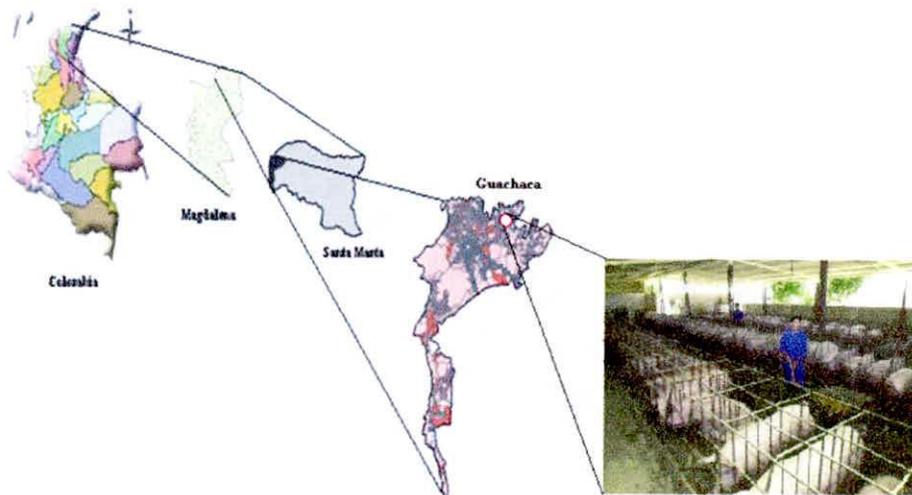


3.2 Localización

La granja se encuentra georeferenciada con un GPS marca GARMIN modelo eTrex bajo las coordenadas $11^{\circ}13'25.32''N$ y $74^{\circ}11'6.59''W$. la Granja “El Porvenir” está ubicada a 49 kilómetros del casco urbano de la ciudad en la vía que

conduce al corregimiento de Guachaca, en la vereda de Paz del Caribe, con una elevación aproximada de 97mts sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 25°C.

Figura 2. Localización granja “El Porvenir”



3.3 Productos y servicios

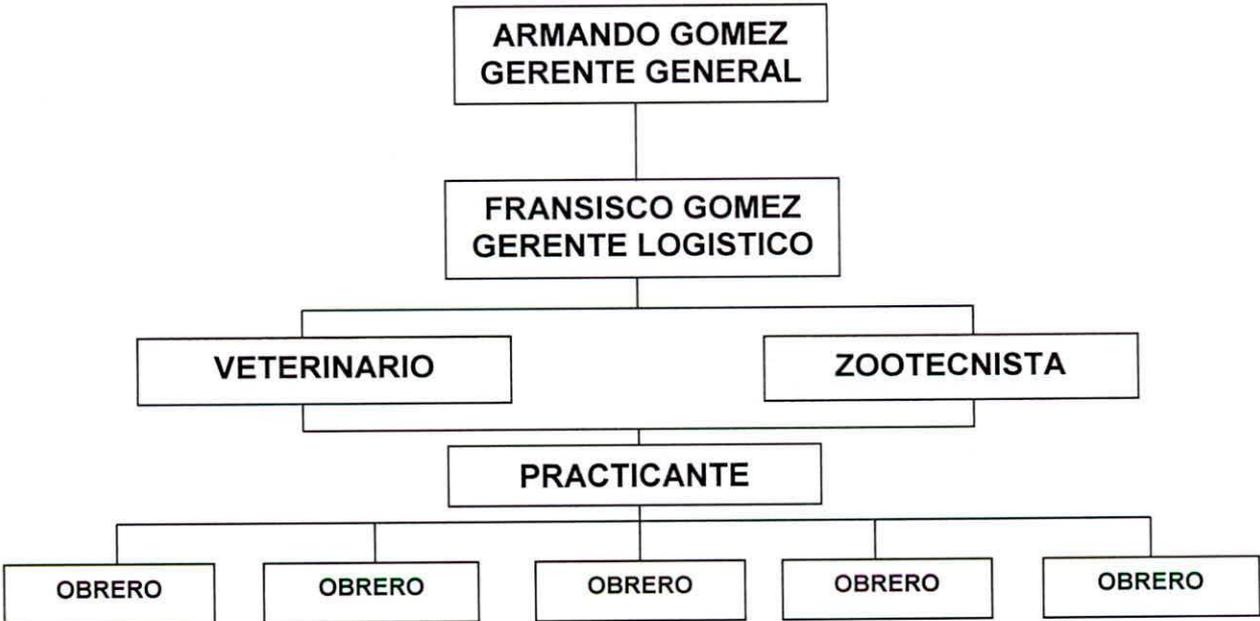
Es necesario mencionar que la empresa INACAR es la única que cuenta con la cepa PIC-337 en toda el área de la costa colombiana, produciendo anualmente un promedio de 4000 cabezas de ganado porcino con un promedio de 70 animales por semana.

Este tipo de ganado porcino manipulado genéticamente es considerado en la actualidad como el avance más significativo de los últimos años en la cría de ganado porcino, de ahí la importancia de la implementación y el mejoramiento de sistemas sanitarios relacionados a esta actividad agropecuaria, lo que le daría un valor agregado a sus productos finales, ya que al garantizar unas condiciones

óptimas de crecimiento a los cerdos, es decir, con todas las instalaciones sanitarias correspondientes, las propiedades de la carne se mantendrían estables conservando rangos idóneos de salubridad, al descartar en una alta proporción de contaminación por patógenos productos de sus propias excretas.

La granja “El Porvenir” sustenta sus ingresos basados en la venta de ganado porcino a los principales restaurantes de la ciudad de Santa Marta y de los corregimientos adyacentes a esta. Además, desde hace año y medio ha venido desarrollando junto con la empresa Frigorífico Continental S.A, ubicada en barranquilla, un convenio mercantil para establecer canales de cooperación zootécnica y la llegada al mercado atlanticense de la carne de cerdo de la cepa PIC-337. La granja “El Porvenir” también ofrece servicios a particulares y no solo compras al detal.

3.4 Organigrama de la empresa



3.5 Procesos técnicos productivos

La granja cuenta con una población de 1138 cerdos hasta el mes de junio distribuidos de la siguiente forma, 42 cerdas lactantes, 96 cerdas gestantes, 5 cerdas descartes, 19 cerdas vacías, 25 cerdas remplazo, 12 reproductores, 313 lechones lactantes, 299 lechones destetados y 327 lechones de ceba. Los cerdos pertenecen a razas de cruce como Pietrain, Landrace Belga, Duroc Jersey y Yorkshire, todas estas razas obtenidas a partir de la cepa PIC-337. Las edades de los animales oscilaban entre los cero y cinco años. La dieta de los cerdos estaba compuesta por harina de trigo, torta de soya, torta de corozo, trimoral, frutas, vegetales principalmente como mangos, plátanos, bananos y mazorcas y restos de comidas provenientes de restaurantes, en alto estado de descomposición, que en ocasiones eran mezcladas con agua formando una especie de sopa. Los cerdos son vacunados frente a enfermedades gastrointestinales con Tiloben, Quinopen y Quinodiar y se usa Formol y Banodine para desinfectar las instalaciones

4. DESCRIPCION CRÍTICA DEL TRABAJO REALIZADO

Actualmente la empresa INACAR no cuenta con sistemas eficientes de tratamientos de residuos orgánicos e inorgánicos producidos al interior de la granja, en vista de esto era necesario tomar las medidas pertinentes que ayudaran con el mejoramiento de la calidad ambiental ya deteriorada en el interior de la granja. Para tal efecto, se siguieron las directrices de referencia fijadas en la **RESOLUCIÓN 002640 Del 28 de septiembre de 2007**, propuesta por el **INSTITUTO COLOMBIANO AGOPECUARIO (ICA)**, realizando énfasis en el cumplimiento del artículo 8 de esta resolución que hace referencia a los requisitos para las instalaciones y las áreas, y en su capítulo IV presenta los estándares de ejecución sanitaria en granjas porcinas específicamente.

Debido a la situación presentada en la granja “El Porvenir” representada por Inversiones INACAR, por la omisión de sistemas de tratamientos adecuados y malas disposiciones de residuos, se encontraba la empresa incumpliendo casi totalmente las políticas ambientales nacionales, por tal motivo se trató de cumplir a cabalidad el capítulo anteriormente mencionado, puesto que este reglamenta las industrias porcinas, sirviendo a las Autoridades Ambientales Regionales para realizar las evaluaciones respectivas y arrojar los resultados de cumplimiento ambiental.

5. ACTIVIDADES REALIZADAS

Una vez citados y contextualizados los diversos problemas que se presentaban en la granja y tras haber realizado un análisis bibliográfico se procedió, en grandes rasgos, con la instalación de un sistema de compostaje a base de lombrices rojas californianas con el objetivo de reciclar material orgánico y disminuir la concentración en la laguna, además se tomaron medidas del orden estructural para la optimización de la laguna de oxidación a través de la construcción de un nuevo canal de recolección más eficiente y la adecuación del canal primario, la construcción de dos nuevas lagunas con miras al crecimiento que la granja pueda tener por el crecimiento mancomunado que está teniendo la industria porcícola.

Para la consecución de estas metas, se desarrollaron estas medidas ya descritas en un tiempo aproximado de ocho meses, tiempo en cual se establecieron las estrategias a seguir, los sistemas a instalar se ejecutaron las obras pertinentes y se capacito a personal con conocimientos suficientes para darle continuidad al manejo de los sistemas sanitarios implementados en la granja

El estudio se llevó a cabo mediante tres fases de desarrollo que permitieron organizar mucho mas proyecto y formular alternativas apropiadas para el contexto de trabajo. Las fases fueron las siguientes:

- Fase de reconocimiento
- Fase operativa del proyecto
- Evaluación de las obras

5.1 Fase de reconocimiento

Corresponde a la identificación de factores o variables críticas o claves en función de problemas, necesidades, demandas e iniciativas presentes. Corresponde a la fase de diagnóstico, que debería realizarse tomando en consideración el máximo de variables que intervienen en función del contexto global.

El objetivo central de esta fase en el proyecto era realizar un diagnóstico operativo y práctico. Para así, contar con un instrumento que realmente sirva a nuestro propósito de planificar.

La metodología empleada se relacionó con el tipo de diagnóstico que se realizó. El diagnóstico sirvió para la determinación de objetivos en función de los factores críticos que se descubrieron. El diagnóstico, constituyó una herramienta fundamental para la toma de decisiones.

El diagnóstico ambiental del proyecto se limitó en relación con lo exigido por la Resolución 002640 del 28 de Septiembre de 2007 del ICA, exactamente en su artículo 8 referido a los requisitos que deben tener las instalaciones y áreas de las granjas destinadas a la producción de porcinos.

En la siguiente tabla se resumen estos requisitos, el estado de cumplimiento y algunas observaciones al respecto. Todo esto producto de un diagnóstico participativo donde se recolectó principalmente información primaria y colaboración de personal trabajador en la granja y algunos clientes en general.

Tabla 1. MATRIZ DE CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN DE ÁREAS EN GRANJA PORCICOLA EL PORVENIR				
ITEMS	CUMPLE	NO CUMPLE	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
Estar localizada de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial aprobado por el municipio	X		La ubicación de la granja según el POT presenta un uso del suelo con vocación agroindustrial	No se presentan conflictos de intereses productivos entre la población
Disponer de cerca perimetral con puerta única de acceso controlada, que limite el paso de personas, animales y vehículos ajenos a la franja.	X		Posee un portero (servidumbre) encargado de velar por la seguridad en la entrada de la granja	La granja no ha tenido problemas de seguridad
Tener pasillos o senderos para el traslado de los porcinos de un área a otra dentro del mismo sitio de producción.	X		Existen interconexiones entre los módulos de Engorde, reproducción y gestación	
Contar con áreas identificadas según el sistema de producción, etapa productiva y sitios de producción	X		Se encuentran separadas e identificadas las etapas de producción	
Contar con Galpones.	X		Existe	

Contar con Corrales.	X		Existe	
Contar con Corrales de cuarentena para aislamiento y aclimatación de los animales de reemplazo.	X		Existe	
Zona de parqueo alejado de las zonas de producción.	X		Existe, para aproximadamente 4 vehículos	
Duchas y vestuarios.	X		Los puerqueros poseen una zona de alimentación, y vestuario	
Área de embarque y desembarque de animales e insumos	X		Cuenta con un área al final de la porqueriza donde pueden entrar los camiones.	
Bodegas para el almacenamiento de alimentos, medicamentos, equipos y herramientas.	X		Una pequeña pero funcional construcción de 5x4mts donde se almacenan algunos alimentos y herramientas	
Área administrativa.	X		Existe en buen estado	
Zona de tratamiento de residuos		X		Se mal dispone en una

sólidos y líquidos.				laguna todos los residuos líquidos y sólidos
Área de manejo de desechos orgánicos, inorgánicos y peligrosos		X		No existe baterías sanitarias o canecas de colores para realizar segregación de material
Área para el almacenamiento y tratamiento del agua.		X		Se encuentra en muy mal estado la laguna de oxidación
Laboratorio de inseminación artificial		X		No es necesario dado los éxitos de reproducción natural
Las áreas de alojamiento de los animales deben brindar el espacio requerido para cada uno de acuerdo con su etapa productiva.		X	A medida que avanzan en su desarrollo las áreas de alojamiento se van disminuyendo pero son funcionales	Se construirán dos hangares adicionales para brindar un espacio mejorado a los cerdos en todas sus etapas
Queda prohibido mantener cerdos libres. Los animales que se encuentren en semiconfinamiento o en	X		Todos los animales se encuentran enjaulados	

pastoreo deberán permanecer en un área delimitada.				
Cada área debe contar con un sistema de ventilación natural, teniendo en cuenta la temperatura o humedad del lugar y las necesidades de los animales o insumos.	X		La zona donde se encuentra ubicada granja cuanta con unas condiciones apropiadas para los cerdos. Con temperaturas aproximadas a los 25 grados C, y una ventilación natural refrescante para los animales	
Instalar un sistema de lavado de botas y pediluvios con desinfectantes activos en presencia de materia orgánica a la entrada de las instalaciones que alojan los cerdos.	X		Existen unas rejillas donde se colocan las botas y mediante una manguera se hace el lavado. Es imperante el uso de detergentes y clorox en las instalaciones	
Los pisos deben ser construidos en un material antideslizante que facilite la limpieza,	X		El piso es lo suficientemente rugoso para evitar accidentes	



desinfección y el drenaje.				
Los silos, tanques de agua, bodegas, tanques de gas o cualquier otra instalación de suministro de manera preferencial deberán localizarse fuera de la cerca perimetral, de manera que puedan aprovisionarse o repararse sin necesidad de que el camión, el conductor o el técnico ingrese a la explotación.		X	El diseño de la granja no lo contempla, pero no impide las actividades rutinarias de ella	
De manera preferencial la rampa o zona de carga para los animales debe estar instalada fuera de la cerca perimetral.		X	El diseño de la granja no lo contempla, pero no impide las actividades rutinarias de ella	

Es evidente los problemas con los que cuenta la granja en materia de cumplir los requisitos de zonas y áreas destinadas para tratar residuos líquidos, sólidos y peligrosos tal como se muestra en la matriz, por lo tanto se decide enfocar el diagnóstico hacia las condiciones iniciales de la laguna de oxidación, arrojando los siguientes valores descriptivos::

Área de la laguna: 30x50 Metros cuadrados

Profundidad promedio: 2.10 Metros.

Longitud de la canaleta de recolección: 60 Metros

Área de la canaleta de recolección: Ancho 0.20 Metros, Alto 0.35 Metros.

Tirante de agua promedio: 0.25 Metros

Pendiente promedio: 0.03%

Las propiedades anteriores no están garantizando la eficiencia del sistema, por lo que se supone un replanteamiento del diseño para el manejo de los residuos y aunque se tomen las medidas necesarias y se logre optimizar este sistema es ineludible la instalación de un sistema auxiliar que pueda mejorar las condiciones ambientales de la granja, por tal motivo se procede además de los replanteamientos de diseño en la laguna de oxidación, la construcción de un sistema de compostaje, que logre disminuir la carga orgánica que llega a la laguna.

Además de las observaciones ya mencionadas, se realizaron jornadas de muestreos de aguas residuales en la entrada y salida de la laguna de oxidación bajo condiciones iniciales en la granja con el fin de establecer la eficiencia del sistema y así tomar medidas para tratar de optimizar el complejo sanitario. Los parámetros medidos en la laguna estuvieron basados en los métodos normalizados para calidad de agua residual. Standart Methods APHA-AWWA-WPCF.

Tabla 2. Metodología utilizada para medir los parámetros físico-químicos

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA UTILIZADA
DBO ₅	Método winkler / incubación 5210 B
DQO	Digestión con dicromato 5220C
Oxígeno disuelto	Potenciométrico oxi WTW 315 4500-O C
Grasas y Aceites	Método gravimétrico de partición 2530 C
pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH wtw350 4500 HB
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico 2540 D
Sólidos disueltos	Método gravimétrico 2540C
Temperatura	Método potenciométrico 2550 B

Los resultados después del primer muestreo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Análisis de las muestras tomadas en la entrada y salida del sistema de laguna de oxidación condiciones iniciales

PARÁMETRO	Entrada al sistema	Salida del sistema	% de remoción
DBO ₅ mg/l de O ₂	1400	600	57.14%
DQO mg/l de O ₂	2870	700	75.60%
Oxígeno disuelto mg/l	4.2	2.6	38.09%
pH	6.98	6.98	---
Grasas y aceites mg/l	39	25	35.89%
Sólidos suspendidos mg/l	231	75	67.53%
Sólidos disueltos mg/l	5610	1256	77.61%
Temperatura °C	27.3	27.3	---

El sistema antes de ser rediseñado y optimizado tenía una eficiencia de remoción de materia orgánica del 57.14% para DBO₅mg/l y de más del 75% para DQOmg/l que son los parámetros más relevantes para medir este ítem. Los resultados se esperaban que fueran aun más bajos por la cantidad de materia orgánica a la que era sometida la laguna, cabe recordar que la laguna recibía afluentes convencionales y también los depósitos de los residuos sólidos (excretas) de los cerdos. No obstante, estos valores se encuentran por debajo de la norma y necesitan ser corregidos.

Con respecto al oxígeno disuelto se encuentra en valores normales dentro de proceso que son anaerobios, y no representa un valor álgido a tratar.

El pH se encuentra en un rango neutral, lo que favorece los procesos de digestión anaerobia microbiana que se dan en el interior de la laguna de oxidación, y determina que el sistema opere en un rango mesofílico.

El porcentaje de grasas y aceites que ingresa al sistema es relativamente bajo en comparación con los arrojados con otros vertimientos de tipo industrial, por lo que la remoción que se realiza es suficiente.

Los sólidos suspendidos y sólidos disueltos tienen porcentajes de remoción en el orden del 70% y son dos de los parámetros que más se remueven dentro del sistema.

La temperatura medida en la superficie del agua no presento variaciones significativas y opero en un rango adecuado para el proceso de digestión anaerobia.

5.2 Fase operativa del proyecto

Las obras realizadas para la adecuación de los sistemas sanitarios en la Granja “El porvenir” debían estar enmarcadas por el indiscutible desarrollo que iba a tener la granja dado el desarrollo económico que está teniendo la industria porcícola en nuestro país y en especial la región caribe, por lo que fueron diseñados y construidos dos nuevos hangares o porquerizas (fig. 3), para así dar cumplimiento los requerimientos antes mencionados por el Artículo 8 de la resolución 002640 Del 28 de septiembre de 2007.

Esta obra civil tendrá capacidad de albergar aproximadamente 200 cerdas parideras con sus respectivas crías, de este modo los nuevos sistemas productivos estarán en función de las nuevas condiciones de la granja.

El diseño y construcción de estos hangares fue financiado y realizado directamente por la administración de la granja teniendo en cuenta las sugerencias sanitarias resultantes de este trabajo.



Figura 3. Construcción de hangares con capacidad para 200 cerdas

Este incremento en la producción potencial de la granja ‘El Porvenir’ fue tenido en cuenta al momento de la construcción de las camas de compost y la adecuación de la laguna, es decir se construyeron dos lagunas más proyectando un crecimiento del 40% en los próximos 5 años basados en las estadísticas propias de la administración. Estas lagunas no fueron puestas en funcionamiento inmediatamente pero si pueden ser activadas en el momento que sea necesario y el aumento de la población de ganado sea una realidad.

5.2.1 Optimización de la laguna de oxidación

Inicialmente se realizó la construcción de un canal auxiliar (Ver fig. 4). Con el fin de garantizar el mantenimiento de las lagunas y evitar los desbordamientos presentados, que trascienden mucho mas en las épocas del año donde se evidencian fuertes oleadas invernales.

Este canal auxiliar fue construido con las mismas dimensiones del canal de recolección primario, es decir:

Área de la canaleta de recolección: Ancho 0.20 Metros, Alto 0.35 Metros.

Pendiente promedio: 0.03%.

Longitud: 80m



Figura 4. Canal auxiliar de laguna de oxidación

El objetivo de este canal es aumentar la capacidad de recolección de las aguas de lavado de las porquerizas y evitar los desbordamientos que se presentaban, ya que habrá otra estructura adicional para el drenaje del caudal que se repartirá en dos canales que dirigen el afluente hacia las lagunas. Era menester direccionar los esfuerzos hacia esta problemática, ya que son bien conocidos todos los fenómenos adversos que representan los desbordamientos en este tipo de estructuras que transportan afluentes capaces de paliar las condiciones fisicoquímicas del suelo.

Una vez instalado el canal y en vista de los resultados arrojados de las muestras tomadas a la entrada y salida de la laguna de oxidación de la granja, se procede con el mantenimiento de la laguna y la adecuación de obras encaminadas a la recolección de lodo, que nunca se había realizado, y a la ampliación de un sector de la laguna que estaba siendo poblado por pequeños rocas de derrumbes en las bermas. Es posible decir, que estos dos fenómenos hayan incidido en los 7 años anteriores en la laguna de forma negativa y que el detrimento de la eficiencia del sistema haya sido potenciado por los siguientes factores:

- La gran cantidad de lodo acumulado en el sistema durante dicho periodo, que podría haber sobredimensionado la población de agentes bacterianos anaerobios.
- La cobertura vegetal presente en las áreas adyacentes de la laguna, causando conflictos espaciales con las algas prominentes en ella.
- Perdida de profundidad, por lo tanto perdida de volumen total para tratar.

- Exceso de material flotante.

Basado en las condiciones descritas, se llevo a cabo actividades de extracción de lodo que posteriormente se deshidrato y desactivo en condiciones de intemperismo y que luego fue usado como suelo para realizar en compostaje, ampliación de los bordes de la laguna alrededor de 5 metros por sección, se hizo la reconstrucción de taludes y mantenimiento de las bermas se trabajaron con taludes de 1:3, para garantizar su estabilidad y se plantearon bermas de 0.50 metros. Se hizo el despojamiento de cobertura vegetal sobre la laguna y remoción de sólidos flotantes en la laguna que se dispusieron en sacos de fique para luego ser transportado por la empresa pública de aseo, hasta el relleno sanitario.



Figura 5. Obras de mantenimiento en laguna de oxidación, extracción de lodo y ampliación de laguna

Todas las actividades descritas se siguieron según lo planteado en este estudio, y siguiendo la bibliografía consultada en este proyecto.

5.2.2 Construcción de lagunas de oxidación complementarias

Además de las modificaciones realizadas, se construyeron dos lagunas adicionales de carácter anaeróbico, que no fueron puestas en marcha

inmediatamente ya que estarían diseñadas para recibir el afluente de los dos nuevos hangares que hasta la fecha se estaban construyendo.

Estas lagunas fueron construidas con las siguientes dimensiones, siguiendo las recomendaciones de diseño planteadas por Stewart, 2005:

Largo: 30m

Ancho: 50m

Profundidad: 1.80m

Volumen de la laguna aerobia: 2700m³

Para el diseño de los dos sistemas lagunares se asumieron valores ajustados a la realidad de la granja. En ese orden de ideas, se asumió una concentración igual a la presentada en las porquerizas actuales, suponiendo que las excretas y otros residuos mantendrán las mismas propiedades fisicoquímicas y no existirán factores externos que modifiquen drásticamente la composición de las excretas.

Concentración inicial de DBO en el afluente: 1500mg/l

Los caudales necesarios para hallar la carga volumétrica del sistema, se estimó en base a una bomba de 4hp marca Pedrollo. Cimentados por el caudal de diseño utilizado para la construcción de la primera laguna (450m³/d) suministrados por la administración. Este caudal fue incrementado dada las altas condiciones de precipitación que se han incrementado en los últimos 10 años en la zona de estudio y manejando un volumen adicional por concepto de seguridad para evitar desbordamientos.

Caudal promedio: 520 m³/d

Para hallar la carga volumétrica del sistema usamos la siguiente ecuación, (Stewart, 2005):

$$CVa = \frac{DBO_o * Q_m}{Va}$$

Donde:

CVa = Carga Volumétrica de DBO, g/m³-día

DBO_o = Concentración inicial de DBO en el afluente, mg/l

Q_m = Caudal promedio, m³/día

Va = Volumen de laguna anaeróbica, m³

Carga volumétrica del sistema: 289gDBO/m³-día

La literatura técnica muestra que el valor de la carga volumétrica del sistema debe estar entre 100 a 400 g DBO/m³-día. Se debe mantener la carga arriba de 100 g DBO/m³-día para tener condiciones anaeróbicas, y menos que 400 g DBO/m³-día para evitar malos olores causados por la conversión de sulfatos a sulfuro de hidrógeno, también se puede tener malos olores causados por la emisión de amoníaco. Normalmente se asume una carga máxima de 300 g DBO/m³-día para tener un factor de seguridad.

El tiempo de retención hidráulica nominal, TRH, se determina de la siguiente relación:

$$TRH = \frac{Va}{Qm}$$

Tiempo de retención del sistema: 5 días.

Las lagunas tendrán una berma de seguridad de 2 metros, y tendrán taludes de 1:3 para evitar posibles desmoronamientos.

5.2.3 Diseño y construcción sistema de compostaje utilizando lombrices californianas

Dentro de las actividades planteadas se realizo fue el diseño de un sistema de producción de humus con base al estiércol de ganado porcino, utilizando lombrices rojas californianas.

Todas las actividades realizadas para el mejoramiento del sistema de lagunas fue articulado con la implementación de un sistema de compostaje utilizando lombrices rojas californianas que permitiese la disminución de la materia orgánica de las aguas residuales que ingresaban al sistema, es decir, se reduciría la cantidad de residuos sólidos que los sistema lagunares asimilaban en ese momento, por lo tanto aunque se manejara el mismo caudal se experimentaría una reducción de la carga contaminante por la minimización de la concentración.

En ese orden de ideas, es pertinente resaltar que este sistema se implementó a escala experimental. Para tal efecto, se dispusieron seis camas con una dimensión de 3 metros de largo por 1.20 metros de ancho y un espesor de 0.40 metros.

El piso donde construyeron las camas era de cemento para aislar el cultivo del suelo y prevenir el ataque de plagas a la lombriz. Se diseño con una pendiente entre 2 a 5% de inclinación para evitar que se inundara por los continuos riegos. La separación entre las seis cajas debe fue de medio metro para asi darle accesibilidad y aprovechar al máximo el espacio.

Se construyó un rancho para cubrir las camadas y evitar el lavado de ésta y del mucílago por las lluvias, lo que generaría contaminación. El techo de la estructura

proporcione sombra, mejoró las condiciones para el trabajo de la lombriz y facilitó el manejo de los materiales. Este se construyó a 3 metros de 8 a 9 altura utilizando zinc.

Con estas dimensiones y los tiempos de residencia necesarios para obtener el humus (aproximadamente 1 mes y medio), se estaban involucrando en el proceso el 15% de estiércol diario producido en la granja.



Figura 6. Camas de estiércol de cerdo en proceso de conversión a humus

La realización del sistema de compostaje se realizó teniendo en cuenta las siguientes actividades:

1. Se hizo la recolección de las excretas de cerdo manualmente en la granja.
2. Se sometieron las excretas a un proceso de neutralización y desinfección utilizando Hidróxido de Calcio, por un periodo de 6 días esto con el fin de buscar una homogeneidad de la mezcla.
3. Por su alto grado de acidez, las excretas fueron sometidas a un segundo lavado menor al séptimo día para trabajar con rangos neutrales de pH.

4. Se agregaron las excretas en las camas teniendo presentes la realización de módulos de 15cm. Esto con el fin de garantizar una mayor y homogénea eficacia de las lombrices californianas.
5. Se agregaron las lombrices rojas californianas previamente adquiridas en la empresa Lombricol S.A, aproximadamente 4500 lombrices, según lo planteado por Monroig, 1997.
6. Se tuvo un periodo de residencia de la materia orgánica que varía de las condiciones ambientales en las diversas épocas del año. Pero comúnmente se presentaron periodos de 50 días.
7. Posteriormente, el humus generado era donado a las granjas vecinas en un principio, pero dado la calidad evidenciada entre los propietarios de las fincas, se procedió a vender en sacos de 30kg.

Otra de las actividades desarrolladas fueron las campañas de capacitación a las comunidades adyacentes y fincas aledañas sobre la importancia que tiene introducir a la cadena productiva los residuos sólidos generados en las granjas. Se dictaron charlas en otras fincas sobre compostaje y lombricultivo, utilizando las excretas que la granja "El Porvenir" les iba a suministrar, de esta forma se erradicaba un problema y se les daba solución a las personas que tenían una visión equivocada al tratar las excretas como un residuo y no como una materia prima. Se planteo la posibilidad que en un futuro no lejano iniciar proyectos productivos involucrando este tipo de abono.

5.3 Fase de evaluación de las obras

En los seis meses de actividad se pudo evaluar la articulación del sistema de lagunas en conjunto con el sistema de compostaje y se evidencian el logro en la disminución de la concentración de materia orgánica que ingresaba al sistema evidenciado en los resultados arrojados por los muestreos realizados después del rediseño.

Hay que anotar que frente a los resultados positivos que ha tenido el negocio de la venta de abono, la administración ha decidido invertir en la ampliación del sistema de compostaje ya que ha proporcionado beneficios económicos producidos por la venta el abono vendido a fincas vecinas las cuales aprueban la calidad de este producto.

5.3.1 Evaluación de la eficiencia del sistema lagunar

Con el objetivo de evaluar la optimización de la eficiencia del sistema, producto de los trabajos y modificaciones realizadas, se realizó una segunda jornada de recolección de muestras a la entrada y salida del sistema lagunar, para determinar los porcentajes de remoción que se presentaban.

Con estos resultados se podría obtener los porcentajes de optimización que presentaron los estudios realizados.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de calidad de agua, realizados en el Laboratorio de calidad de aguas de la Universidad del Magdalena:



Tabla 4. Análisis de las muestras tomadas en la entrada y salida del sistema de laguna de oxidación condiciones finales

PARÁMETRO	Entrada laguna	Salida laguna	% de Remoción
DBO ₅ mg/l de O ₂	985	250	74.62%
DQO mg/l de O ₂	1670	370	77.84%
Oxígeno disuelto mg/l O ₂	4.3	1.2	72.01%
pH	6.91	6.85	---
Grasas y aceites mg/L	42	6	85.71%
Sólidos suspendidos mg/L	163	25	90.01%
Sólidos disueltos mg/L	4347	452	89.60%
Temperatura °C	28.1	29.7	---

De acuerdo a los resultados arrojados, se nota claramente una disminución importante en la cantidad de materia orgánica que ingresaba al sistema. Los parámetros de DBO y DQO redujeron su concentración en 29% y un 42% respectivamente. Las disminuciones de las concentraciones obedecen a la sustracción de excretas destinadas a compostaje y a las adecuaciones y mantenimiento realizado en la laguna.

La tabla demuestra como el porcentaje de remoción de DBO mg/l aumentó su eficiencia en casi un 20%, manejando unos valores cercanos al 75%, que no es el valor óptimo reglamentado pero sugiere un avance significativo en búsqueda de la mejoría de los niveles de calidad ambiental en la granja.

Al igual que la DBO, la DQO también tuvo una sustracción mucho más pronunciada de sus valores iniciales, alrededor del 40%, asimismo, su eficiencia

de remoción se mantuvo en el orden del 75%, donde se puede avanzar mucho mas, pero son que de igual forma son progresos importantes.

El oxígeno disuelto en este segundo muestreo, tuvo un descenso mucho más importante, producto de la facilitación de los procesos de digestión anaerobia al disminuir la sobreoferta de materia orgánica.

Las grasas y aceites presentaron un minúsculo aumento, pero se mantuvieron en los rangos normales presentados en este tipo de excretas, y su remoción es adecuada.

Los sólidos suspendidos y disueltos presentaron disminuciones importantes en la entrada a la laguna, 29% y 23% respectivamente, esto corrobora aun mas la hipótesis de la articulación entre el sistema de lagunas y la técnica de compostaje en la granja.

Después del análisis de estos resultados, es necesario aclarar que una vez se realiza el tratamiento de las aguas servidas de la granja "El Porvenir" estas son utilizadas para el riego de 8 hectáreas de pasto de corte. Para esta operación se implementa un bypass que existe al final de la laguna, donde se encuentra ubicada una tubería con su respectiva bomba de 10hp. Este pasto diariamente es cortado, y se le suministra a un lote de ganado que se encuentra en condiciones de estabulación.

Para tener una visión más clara de los efectos positivos generados por las actividades de adecuación y mantenimiento, en la siguiente figura se presenta la variación de la remoción de DBO entre las condiciones iniciales y finales.

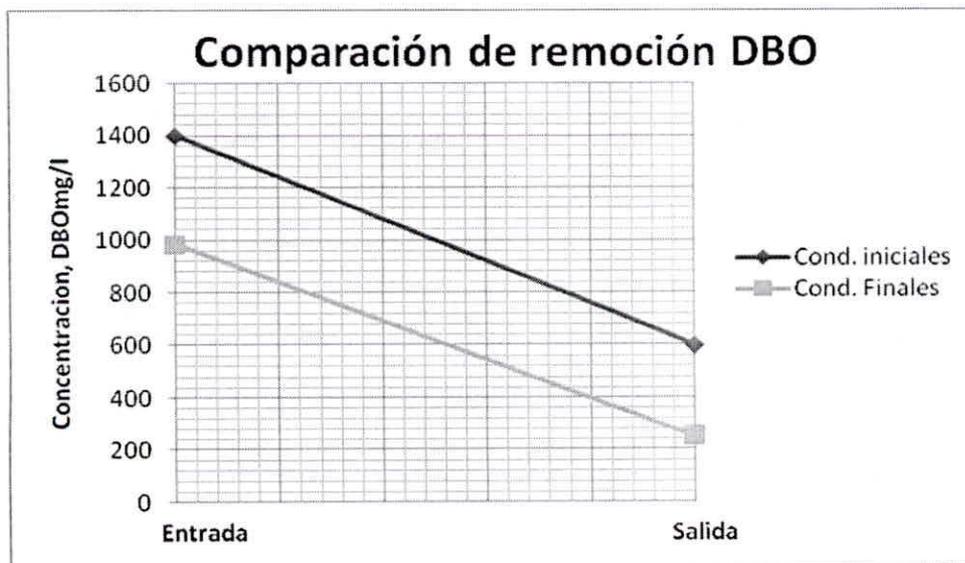


Figura 7. Comparación de remoción de DBO antes y después de las modificaciones realizadas al sistema de laguna de oxidación.

Debido a que las aguas tratadas son utilizadas para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias de la granja, se realizó una estimación de la calidad del agua en relación con el Decreto 1594 de 1984 expedido por el Ministerio de Ambiente, que en su artículo 40 establece los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola para tal efecto se realizó una prueba de presencia de metales pesados y NMP del agua a la salida de la laguna de oxidación. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 5. Prueba de calidad de agua (Metales)

REFERENCIA	VALOR ADMISIBLE	VALOR REPORTADO
Aluminio	5.0	2.0
Arsénico	0.1	0.0
Berilio	0.1	0.0
Cadmio	0.01	0.0
Cinc	2.0	0.0

Cobalto	0.05	0.0
Cobre	0.2	0.0
Cromo	0.1	0.0
Fluor	1.0	0.0
Hierro	5.0	1.0
Litio	2.5	1.0
Manganeso	0.2	0.0
Molibdeno	0.01	0.0
Níquel	0.2	0.0
pH	4.5 - 9.0 unidades	6.73
Plomo	5.0	0.0
Selenio	0.02	0.0
Vanadio	0.1	0.0

Tabla 6. Prueba microbiológica. NMP

REFERENCIA	VALOR ADMISIBLE	VALOR REPORTADO
Coliformes fecales	<1000 NMP/ml	140NMP/ml
Coliformes totales	<5000 NMP/ml	1600NMP/ml

Las anteriores tablas demuestran el cumplimiento de la granja con respecto al uso de irrigación agrícola como se le está dando actualmente.

La prueba realizada para la determinación de agentes químicos perjudiciales para el medio, arrojan valores aptos para uso agrícola únicamente. Ningún parámetro presenta valores por encima de los permitidos.

El componente microbiológico mantiene rangos permisibles para uso agrícola, ya que después de haberse realizado la prueba de NMP por tubos seriados (Brila, EC) y realizando diluciones a partir de la -3, se presentan valores depurables por el medio. Las pruebas realizadas para este tipo de muestras, fueron manejadas exclusivamente por la administración luego de la recomendación formal realizada producto de esta investigación. Todas las actividades realizadas en para el mejoramiento de los diversos sistemas sanitarios se evidencian en acta emitida por **DISTRISALUD** la cual manifiesta el buen funcionamiento del sistema de lagunas y del sistema de compostaje.

5.3.2 Evaluación del sistema de lombricultivo

Para comprobar la calidad del sistema de compostaje implementado en la granja se hizo un análisis físico-químico del producto final para conocer las condiciones de favorabilidad en su utilización como abono orgánico. Para tal efecto, se siguieron las pautas plasmadas en el libro: Métodos de análisis de laboratorio de suelos por el IGAC, subdirección agrícola.

Tabla 7. Resultado del análisis físico-químico para el abono producido en la granja porcícola el porvenir

RESULTADOS MUESTRA DE SUELO Vs ABONO ORGANICO PRODUCIDO.		
Parámetro	Muestra de Suelo¹	Muestra de abono²
Materia orgánica (%)	8.6	11.3
Color	Marrón claro	Oscuro
Carbono orgánico (g)	5.1	6.5
Nitrógeno (%)	1.0	1.8
Fósforo (ppm)	23	32

¹ Muestra tomada del suelo actual donde están sembradas 3Ha de plantas frutales (Mango, Limón, Ciruela)

² Muestra del abono obtenido por lombricultivos

Potasio (ppm)	0.60	0.81
Humedad (%)	14	45
Conductividad MHOS/cm	0.1	0.3
pH	6.25	6.35
Calcio (ppm)	16	21
Magnesio (ppm)	10	17
Hierro (ppm)	63	78
Cobre (ppm)	6.5	6.8
Zinc (ppm)	1.0	1.9
Boro (ppm)	0.58	0.61
Manganeso (ppm)	10	16
Relación C/N	5:7	13:5
Densidad (g/ml)	1.06	1.33

Queda claramente evidenciada la calidad superior del abono orgánico obtenido por el lombricultivo frente al suelo actual utilizado en hectáreas para cultivo de plantas frutales.

Con los resultados expresados anteriormente se puede decir que el repotenciamiento del abono orgánico en algunos parámetros medidos, puede aumentar la fertilidad del suelo debido a las propiedades de este tipo de abono. El color oscuro del abono obtenido absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes. El aumento del carbono orgánico mejorara la estructura y textura del suelo, haciéndolo más ligeros que la muestra de suelo que era arcillosa.

El aumento de la humedad y de la conductividad representa en el abono orgánico producido una mejoría de sus propiedades de permeabilidad, ya que influyen en el drenaje y aireación de este.

El parámetro de humedad en el abono, sugiere el aumento de la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.

El aporte de aminoácidos al suelo es importante lo que pudiera solucionar situaciones de estrés hídrico, térmico o fitotóxico, que pueden impedir que las plantas absorban el nitrógeno disponible y lo utilicen para sus procesos biosintéticos.

En este orden de ideas, son indiscutibles los aportes positivos que le proporcionaría el abono orgánico producido al suelo de cultivo dentro de la granja, dado sus propiedades físico-químicas.

Por otra parte, el beneficio económico que representa la venta del abono es incuestionable. Con el 15% del total de excretas producidas en la granja se logró generar 20 sacos de 30Kg, lo que representó una ganancia neta del 40% entre la inversión total, descontando la inversión inicial en la adquisición de la lombrices y en la construcción de las instalaciones adecuadas para realizar el proceso, lo que representa una productividad de 1Kg de abono orgánico a partir de 5Kg de excreta. Adicionalmente, y considerando que el proceso tuvo una duración total aproximadamente dos meses para recolectar las primeras muestras de abono, si se realizara un conjunto de camas seriadas se podrían manejar periodos de sucesión productiva, que podrían satisfacer la demanda de abono en un futuro mercado.

6. RECOMENDACIONES

6.1 Sistema de tratamiento de aguas residuales

Con el fin de controlar los daños potenciales ocasionados por la posible infiltración sobre el acuífero presente en la zona de estudio, se recomienda a la administración de la granja implementar un sistema de evaluación del impacto ambiental causado sobre los cuerpos de agua superficiales y aguas subterráneas producto de los constantes desbordamientos que se presentaban en los canales de conducción de afluentes, y que por fenómenos de percolación pudiesen haber llegado a sobrepasar los niveles freáticos del suelo. Actualmente no se conoce el estado del agua usada para el desarrollo de actividades cotidianas en la granja, aunque se supone y no presentan ningún indicio de contaminación es necesario reevaluar esta posición con un estudio físico –químico y microbiológico que descarte cualquier probabilidad de contaminación.

Se sugiere la protección con un cerco de bolsa-concreto en la laguna primaria esto debido a la débil resistencia estructural que presenta. Con lo anterior se podría prevenir futuros desbordamientos que afecten permanentemente la calidad ambiental de la granja y sus alrededores.

Además, es pertinente el mantenimiento constante sobre la cobertura vegetal existente en el área perimetral de las lagunas, esto debido a la influencia adversa que esta ofrece, limitando y condicionando negativamente los procesos de digestión anaerobia que se forman en el interior de la laguna.

6.2 Sistema de lombricultivo

Dados los beneficios económicos que el sistema de lombricultivo sustenta, representado en la alta productividad y rentabilidad del proceso, considerando que no hay que realizar inversión alguna en materia prima, se propone en el corto plazo sea ampliado el sistema de compostaje. Adjuntamente, con el aumento en la producción de abono orgánico, donde la materia prima son las excretas, se originaría una disminución considerable en la materia orgánica que llega a la laguna, ya que las aguas de lavado y de otro tipo utilizadas en las porquerizas tendrían una carga mucho menor. A menor carga orgánica adicionada a la laguna mayor será la eficiencia del sistema logrando así entrar a la regulación nacional existente.

El sistema de producción de humus en base a lombrices californianas se constituye como la alternativa principal de la granja “El Porvenir” en búsqueda de la sostenibilidad económica y ambiental ausente en la misma, y desconocida por los moradores y propietarios de las fincas en la zona de influencia de la granja, por lo que se puede garantizar un potencial mercado para iniciar la comercialización del producto final.



7. CONCLUSIONES.

El diagnóstico ambiental realizado en la granja con vocación en la producción de carne porcina "El Porvenir", arrojó diversas fallencias que se estaban presentando en los sistemas de tratamiento de aguas residuales y el manejo de las excretas producidas a diario, problemas reflejados en varias alteraciones inerciales de grandes proporciones en el medio natural de la granja.

Se procedió en conjunto con la administración adelantar obras de adecuación y mantenimiento sobre los sistemas antes mencionados, obteniendo como resultado el incremento en la eficiencia de la laguna alrededor del 20% en remoción de materia orgánica medida por DBO mg/l.

Cabe mencionar, que en vez de optar por un rediseño radical en las estructuras de tratamiento, el sistema lagunar fue sometido a un fortalecimiento alternativo, basado en un mantenimiento exhaustivo general, construcción dos nuevas lagunas de tipo anaeróbico y la construcción de un canal auxiliar encaminado a prevenir los desbordamientos en algunas áreas de transporte del agua residual, gracias a la redistribución equitativa del caudal.

Es oportuno aclarar, que las lagunas anaeróbicas no habían sido puestas en operación ya que no se han puesto en producción los nuevos Hangares construidos, pero en un lapso corto, se convertirán en imprescindibles, proyectando un crecimiento del 200%, tal como lo manifiesta la administración de la empresa.

Del mismo modo, se destaca la disposición de 2 hectáreas destinadas para áreas complementarias del sistema de tratamiento de agua residual existente, por tal

motivo terminados los hangares y puestos en marcha se procederá con el diseño de una cuarta laguna anaerobia, con el objetivo de aumentar el tiempo de retención hidráulica y por ende los porcentajes de remoción de carga contaminante y cumplir con los parámetros en los que esta fallando la administración en relación con las directrices ambientales plasmadas en el decreto 1594 de 1984 .

Por otro lado, el problema presentado por la generación de residuos sólidos (estiércol de ganado porcino) fue en parte resuelto por la implementación de un complejo de lombricultura, mediante la construcción de 6 camas con dimensión 3 metros de largo por 1.20 metros de ancho manejando una profundidad de 0.60 metros, adicionándoles capas de excretas de 15cm a 20cm previamente neutralizadas por la exposición al sol.

Este sistema de tratamiento de residuos orgánico dio como resultado un abono orgánico con unas características excepcionales dado las propiedades obtenidas en comparación con el suelo actual usado para la siembra de plantas frutales.

Esta materia orgánica fue degradada en su totalidad para convertirse en humus en aproximadamente 50-60 días. Las camas construidas tenían una capacidad de recoger desde un 15% hasta un 20% de la totalidad del estiércol producido en la granja. Pero el 70% del estiércol producido era recogido y regalado a las granjas vecinas gracias a los servicios de cooperación mutua adelantados por este estudio. El resto de excretas, eran arrastradas por aguas de lavado y son vertidas en la laguna.

Por tal motivo, se recomienda la ampliación del sistema de tratamiento de residuos sólidos con los objetivos de garantizar un mejor control de los mismos y aumentar el ingreso económico de la granja, sin necesidad de regalar los residuos y utilizarlos como materia prima.

Al maximizar el sistema de tratamiento de residuos sólidos producidos en la granja se constituiría un sustento económico de la inversión ambiental realizada por la Granja “El Porvenir” iniciando el concepto de autosostenibilidad dentro de la zona.

Durante gran parte del proceso de adecuación de los diversos sistemas sanitarios de la granja se contó con la visita de la secretaria de salud en los meses de Junio. En estas visitas se pudo apreciar la ausencia de malos olores que antes se presentaban y que repercutían en la población adyacente, además del buen manejo de los residuos orgánicos producidos, planteando la sugerencia de la construcción e implementación de un plan de reforestación que reforzaría la eficiencia de los diversos sistemas sanitarios aumentando la calidad del medio.

Las capacitaciones constantes del personal interno de la granja principalmente proyectarían signos positivos en el funcionamiento cotidiano de los diversos sistemas sanitarios presentes en la misma. Como es conocido, el buen funcionamiento de una granja porcina es directamente proporcional al funcionamiento de sus diversos sistemas sanitarios, cuya alteración adversa produce irritación social cuando se presentan, por ejemplo, malos olores, por tal motivo se hace necesario jornadas de información y divulgación de la eficiencia de sistemas sanitarios utilizados, evitando así quejas y reclamos de la población influenciada a la granja.

Finalmente, con la implementación estos sistema sanitarios se constituye la granja en su mayor parte como cumplidora ambiental de acuerdo con la RESOLUCIÓN 002640 Del 28 de septiembre de 2007 propuesta por el ICA, y que de igual forma es imperante la implementación continua de tecnologías enmarcadas en conceptos autosostenibles que ayuden a minimizar todas aquellas actividades que causan una alteración al medio natural.

8. BIBLIOGRAFIA

ACOVEZ. Asociación colombiana de médicos veterinarios y zootecnistas. Informes de gestión, edición 108 Febrero del 2009.

CARMONA, F., OROZCO, J. Utilización de biogás como combustible para el funcionamiento de combustión interna. [Tesis de pregrado]. Guacimo. Universidad EARTH. 2003. 49 p

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainable Development Department. Biogas technology : a training manual for extension. 1996. [Artículo de Internet]. <<http://www.fao.org/sd/EGdirect/EGre0022.htm>>.

MMA - ACP, Ministerio del Medio Ambiente – Asociación Colombiana de Porcicultores. Guía Ambiental para el sector Porcícola. Bogotá, Colombia. 2002.

MONROIG, Miguel. Preparacion de lombricomposta de pulpa y mucilago del café. Beneficio Ecológico del Café: Una Opción Rentable - Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFE), Chinchiná, Caldas, Colombia. 1997

STEWART, Oakley. 2005. Diseño Operación y Mantenimiento para Lagunas de Estabilización en Honduras. Fondo Hondureño de Inversión Social. Unidad de Generación de Empleo.

VASQUEZ, Rodrigo. Ballesteros, Hugo. 2008. Manual de lombricultura. MEC

ROMERO, Jairo. 2008. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería

9.



Anexo 1. Prueba de laboratorio muestra de agua a la entrada y salida del sistema de laguna. (Condiciones iniciales)



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Santa Marta, Marzo 11 del 2009

Señor
Yesith Miranda

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para hacerle entrega de los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestra de agua residual del ubicado en el sector de calabazo en la Granja El Porvenir, Departamento del Magdalena.

MUESTRA: la muestra de agua se tomaron en botellas plásticas para los análisis fisicoquímico del agua respectivamente, y trasladada al laboratorio de Calidad de Agua, de la universidad del Magdalena.

METODOLOGÍA

DETERMINACION	TECNICA ANALITICA UTILIZADA
DBO ₅	Método wincler / incubación 5210 B
DBO	Digestión con dicromato 5220C
Oxígeno disuelto	Potenciométrico por WTW 315 4500-O C
Grasas y Aceites	Método gravimétrico de partición 2530.D
pH	Método potenciométrico (standard methods) pH WTW350 4500 H.B
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico 2540 D
Sólidos disueltos	Método gravimétrico 2540C
Temperatura	Método potenciométrico 2550 B

ENTRADA



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS GRANJA EL PROVENIR

PARÁMETRO	Resultados
DBO ₅ mg/l de O ₂	1400
DQO mg/l de O ₂	2970
Oxígeno disuelto mg/l O ₂	4.2
pH	6.98
Grasas y aceites mg/L	28
Sólidos suspendidos mg/L	231
Sólidos disueltos mg/L	5610
Temperatura °C	27.3

Atento a sus comentarios.

ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador de Laboratorio.

SALIDA



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS GRANJA EL PROVENIR

PARÁMETRO	Resultados
DBO ₅ mg/l de O ₂	600
DQO mg/l de O ₂	700
Oxígeno disuelto mg/l O ₂	2.6
pH	6.98
Grasas y aceites mg/L	25
Sólidos suspendidos mg/L	75
Sólidos disueltos mg/L	1256
Temperatura °C	27.3

Atento a sus comentarios.

ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador de Laboratorio.

Anexo 2. Prueba de laboratorio muestra de agua a la entrada y salida del sistema de laguna. (Condiciones finales)



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Santa Marta, Julio 23 del 2009

Señor
Yesith Miranda

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para hacerle entrega de los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestra de agua residual del ubicado en el sector de calabazo en la Granja El Porvenir, Departamento del Magdalena.

MUESTRA: la muestra de agua se tomaron en botellas plásticas para los análisis fisicoquímico del agua respectivamente, y trasladada al laboratorio de Calidad de Agua, de la universidad del Magdalena.

METODOLOGÍA

DETERMINACION	TECNICA ANALITICA UTILIZADA
DBO ₅	Método wincler / incubación 5210 B
DCO	Digestión con dicromato 5220C
Origeno disuelto	Potenciométrico del WTW 315 4500-C C
Grasas y Aceites	Método gravimétrico de partición 2530 .C
pH	Método potenciométrico (Standard methods) pH WTW350 4500 HB
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico 2540 D
Sólidos disueltos	Método gravimétrico 2540C
Temperatura	Método potenciométrico 2550 B

ENTRADA



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS GRANJA EL PROVENIR

PARAMETRO	Resultados
DBO ₅ mg/l de O ₂	985
DQO mg/l de O ₂	1870
Oxígeno disuelto mg/l O ₂	4.3
pH	6.91
Grasas y aceites mg/L	42
Sólidos suspendidos mg/L	103
Sólidos disueltos mg/L	4347
Temperatura °C	25.1

Atento a sus comentarios.

ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador de Laboratorio.

SALIDA



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS GRANJA EL PROVENIR

PARAMETRO	Resultados
DBO ₅ mg/l de O ₂	250
DQO mg/l de O ₂	370
Oxígeno disuelto mg/l O ₂	1.2
pH	6.85
Grasas y aceites mg/L	0
Sólidos suspendidos mg/L	25
Sólidos disueltos mg/L	402
Temperatura °C	25.1

Atento a sus comentarios.

ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador de Laboratorio.

Anexo 3. Prueba de laboratorio para suelo



LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Santa Marta 15 de mayo 2009

Ingeniero,
Angel yesid Miranda sierra.

Cordial saludo

INFORME DE RESULTADOS:

Me dirijo a usted muy respetuosamente para remitirle los resultados de los análisis físico-químicos obtenidos de una muestra de abono (humus) y suelo.

MUESTRA: La muestra de abono y suelo fueron colectadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas.

METODOLOGIA: La metodología implementada para la realización de los análisis de suelos es la descrita en: IGAC SUBDIRECCION AGRICOLA. 1990. Métodos de análisis del laboratorio de suelos v edición. Bogotá.

El abono y suelo analizados en general presenta buenas condiciones de materia orgánica y nutriente.
Atento a sus comentarios,


ISAAC ROMERO BORJA
Coordinador de Laboratorio

Anexo 4. Construcción de lagunas de oxidación complementarias



Anexo 5. Área de compostaje



Anexo 6. Canal auxiliar construido

