

**Manejo de aguas residuales y excretas en la
producción de cerdos en Zamorano,
Honduras**

Josué Alexander Arias López

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Noviembre, 2006

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Manejo de aguas residuales y excretas en la
producción de cerdos en Zamorano,
Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Josué Alexander Arias López

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2006

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Josué Alexander Arias López

Honduras
Noviembre, 2006

Manejo de aguas residuales y excretas en la producción de cerdos en Zamorano, Honduras

Presentado por:

Josué Alexander Arias López

Aprobado:

Rogel Castillo, M.Sc.
Asesor principal

Abelino Pitty, Ph.D.
Director Interino Carrera Ciencia
y Producción Agropecuaria

Mily Cortez, Ph.D.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

John J. Hincapié. Ph.D.
Coordinador Área temática

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios, por la oportunidad de poder culminar con mi carrera en Zamorano, Por brindarme serenidad, y acompañarme durante estos cuatro años.

A mi madre, por ser una amiga que siempre me dio su apoyo incondicional, cariño y amor.

A mi querido hermano, por brindarme sus consejos y apoyo en los momentos más difíciles.

Al Gobierno de Nicaragua, por darme la oportunidad de haber estudiado en tan prestigiosa institución.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser la luz que ilumina mi camino, por la salud y la fuerza que me dio durante mis cuatro años de estudios.

A mi madre, por el apoyo constante que hizo posible la culminación de mi carrera.

A mi hermano. Abraham por ofrecerme siempre ese apoyo de padre, que nunca faltó.

A mí querido amigo Remigio Salazar, que me ofreció su amistad incondicional en los momentos difíciles.

Al Ing. Rogel Castillo y Dr. Mily Cortez por impartir el conocimiento e instruirme en la elaboración de este documento.

Al ing. José Roble encargado de la unidad de producción de cerdos de Zamorano

A la señora Alejandrina Martínez Leal, gerente de la empresa Agroindustrias Allende por su apoyo técnico.

RESUMEN

Arias, J. 2006. Manejo de aguas residuales y excretas en la producción de cerdos en Zamorano. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 15 p.

La contaminación ambiental es un tema relevante en las granjas porcinas. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia del manejo de las aguas residuales en la unidad de cerdos de Zamorano, usando el separador de sólidos y laguna de estabilización (facultativa). El desempeño de la laguna de estabilización se avaluó comparando la calidad del efluente con la Norma Técnica Nacional del Agua. Se hicieron muestreos mensuales y semanales (dos repeticiones) en la entrada y salida de la laguna. Se muestreó mensualmente la demanda biológica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos y coliformes fecales y se analizaron en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Centroamericana. Los muestreos semanales de nitrógeno, fósforo y potasio fueron analizados en el laboratorio de suelos de Zamorano por Kjeldahl, espectrofotometría y absorción atómica, respectivamente. El pH se midió *in situ*, semanalmente. Para cuantificar la producción de excretas se hizo limpieza en seco en cada uno de los galpones y el gasto de agua de lavado se calculó haciendo aforos y mediciones de tiempo. La laguna facultativa remueve 76% de la DBO_5 , 65% de los sólidos suspendidos y 99% de los coliformes fecales. Se encontró diferencia significativa entre la entrada y salida de la laguna para pH, nitrógeno, fósforo y potasio. La granja tiene un gasto en agua para lavado de 11.82 m³/día y produce 535 kg de excreta por día. El separador de sólidos separa la cerdaza con un 45% de humedad y genera ingresos netos de 17,580 L, utilizándolo a un 23.2% de su capacidad de trabajo.

Palabras clave: Laguna de estabilización, porcinaza, separador de sólidos.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 LOCALIZACIÓN.....	3
2.2 INSTALACIONES.....	3
2.3 FOSA DE ACOPIO.....	3
2.4 SEPARADOR DE SÓLIDOS.....	3
2.5 LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN.....	3
2.6 CANAL DE DRENAJE.....	4
2.7 VARIABLES.....	4
2.7.1 Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅), sólidos suspendidos y coliformes fecales.....	4
2.7.2 Nitrógeno, fósforo y potasio.....	4
2.7.3 pH.....	4
2.7.4 Caudal.....	5
2.7.5 Producción de excretas por galpón.....	5
2.7.6 Cantidad de sólidos extraídos por el separador de sólidos y porcentaje de humedad de la cerdaza.....	5
2.7.7 Costo de operación y margen de utilidad en el proceso de separación de sólidos.....	5
2.8 NORMA TÉCNICA NACIONAL DEL AGUA.....	6
2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
3.1 DESEMPEÑO DE LA LAGUNA.....	7
3.1.1 Análisis de DBO ₅ y sólidos suspendidos.....	7
3.1.2 Coliformes fecales.....	8
3.1.3 pH, nitrógeno, fósforo y potasio.....	9

3.1.4	Gasto de agua y producción de desechos	9
3.2	DESEMPEÑO DEL SEPARADOR DE SÓLIDOS.....	10
3.2.1	Capacidad de trabajo actual	10
3.2.2	Porcentaje de humedad de la cerdaza	10
3.2.3	Utilidades anuales del proceso de separación de sólidos	11
4.	CONCLUSIONES	12
5.	RECOMENDACIONES	13
6.	BIBLIOGRAFÍA	14

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Parámetros de calidad de agua de acuerdo a los límites máximos permisibles en la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado..	6
2. Porcentaje de reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO ₅) y sólidos suspendidos en la entrada y salida de la laguna facultativa.....	7
3. Porcentaje de reducción de coliformes fecales ($1 \times 10^5/100$ mL) en la laguna facultativa.....	8
4. Comportamiento promedio de pH, nitrógeno, fósforo, potasio en la entrada y salida de la laguna facultativa.....	9
5. Unidades de peso animal (UPA), gasto de agua en lavado y producción de excretas por galpón.....	10
6. Gasto de agua de lavado (m ³ /día) y producción de excretas por edificio..	10
7. Ingresos y egresos de operación diaria en el proceso de separación de sólidos, a un 20% de humedad (L).....	11

1. INTRODUCCIÓN

La mayor cantidad de carne que se produce en el mundo es la de porcino con 93.5 millones de toneladas, y existe una fuerte tendencia en incrementar el tamaño de las operaciones, lo cual ocasiona la producción de grandes cantidades de desechos fecales y alto consumo de agua en áreas relativamente pequeñas (Ramírez 1999).

El manejo de aguas residuales y excretas porcinas cobra importancia, dada las exigencias que imponen las leyes ambientales, como la presión económica ejercida por aumentos en los costos de la industria agropecuaria; lo cual ha conducido a una mayor intensificación de los sistemas de producción en lo que se destaca la reutilización de productos considerados por mucho tiempo como desperdicios, tal es el caso del estiércol de cerdo para la alimentación de bovinos y el uso de las aguas tratadas para la agricultura por el alto valor nutricional que esta tienen y el aporte económico que genera dependiendo de las cantidades y la calidad producida de la granja porcina (Molina y Murgueitio 1983).

El tratamiento de las aguas residuales en lagunas de estabilización, es una de las alternativas que se ve favorecidas en el trópico, ya que las altas temperaturas acondicionan el trabajo realizado por microorganismos, viéndose éstas favorecidas en su capacidad de depuración (Mendonça 2000). Este tratamiento debe de ir acompañado por un dispositivo mecánico de separador de sólidos, que remueva los sólidos previos al ingreso a la laguna, reduciendo así su demanda biológica de oxígeno (Molina y Murgueitio 1983). Sin embargo, existen otros factores a considerar de acuerdo a NRAES (Northeast Regional Agricultural Engineering Service 1998) para evaluar la eficiencia de lagunas de estabilización y el funcionamiento del separador de sólidos en el manejo de las aguas residuales, tales como:

- Las operaciones que esto implica.
- El costo del capital.
- El almacenamiento para depuración de las aguas.
- Facilidades de almacenamiento.
- Mantenimiento del separador de sólidos y laguna de estabilización.
- Uso como abono o alimentación versus costos.
- Las poblaciones a manejar.

Es necesario buscar alternativas para el manejo de las aguas residuales y excretas originadas por el confinamiento de animales, por que si bien es cierto se obtienen

productos de valor económico, se genera a su vez una serie de residuos que si no son asimilados por la naturaleza impone a la sociedad un costo en forma de contaminación (Pérez 1999).

A raíz de esto, la sociedad en su conjunto ha venido adquiriendo, cada vez mayor conciencia al deterioro ambiental, ya que los consumidores demandan productos que no generen daños a su salud y a su vez, que en sus procesos productivos minimicen, en lo posible los impactos ambientales y sociales (Asociación Colombiana de Porcicultores 2002).

El objetivo general de este estudio fue determinar la eficiencia del manejo de las aguas residuales en la unidad de cerdos de Zamorano, conforme a la Norma Técnica Nacional del Agua, a través del uso del separador de sólidos y la laguna de estabilización. Los objetivos específicos fueron: monitorear los parámetros de calidad de agua; Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos, coliformes fecales, nitrógeno, fósforo, potasio y pH, a la entrada y salida de la laguna, cuantificar la producción de cerdaza y consumo de agua en el lavado de excretas, evaluar el funcionamiento del separador de sólidos y los costos operativos del proceso de separación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en las instalaciones de la unidad de cerdo de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ubicada a 30 km de Tegucigalpa, Honduras. La granja es clasificada como un sistema de explotación intensiva, la cual cuenta con los servicios básicos de agua y energía eléctrica. Se dedica principalmente a la producción de reproductores y cerdos de engorde con un inventario de 100 cerdas reproductoras.

2.2 INTALACIONES

La granja tiene cinco galpones de producción: Gestación, maternidad, destete y engorde (dos galpones).

2.3 FOSA DE ACOPIO

Es el primer contenedor que a través de un sistema de drenaje colecta el agua de lavado, desperdicio de agua, estiércol, orines y residuos de alimento proveniente de cada galpón. La fosa tiene un área de 4 m^2 y una profundidad de 2.5 m para una capacidad de 10 m^3 .

2.4 SEPARADOR DE SÓLIDOS

El estiércol es extraído de la fosa con un separador de sólidos horizontal (marca AGROALL[®]), el cual tiene un motor de 2 caballos de fuerza, una capacidad de trabajo de 50 GPM (Galones por minuto), un cilindro tamizado (Diámetro de partícula 0.86 mm) con cuatro aspas de 107 cm de largo por 15 cm de ancho, que permite el colado de las aguas, separando así los líquidos de las excretas, y un tornillo sinfín cuya función es remover la cerdaza hacia el área de secado.

2.5 LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

Una vez separado los desechos sólidos, los líquidos pasan a la laguna de estabilización (Condición facultativa), con una capacidad de 936 m^3 , una profundidad de 1.8 m y un tiempo de retención hidráulica de 45 días, la cual tiene un doble propósito en el manejo de aguas residuales, ya que funciona para tratamiento y como lugar de almacenamiento

2.6 CANAL DE DRENAJE

La descarga final es a través de un canal que mide 258 m de largo, cuya función principal es depurar el efluente por aireación.

2.7 VARIABLES

2.7.1 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos y coliformes fecales

Para el monitoreo de DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales se hicieron muestreos mensuales durante marzo, abril, mayo y agosto. En la entrada y salida de la laguna, se colectaron seis submuestras con intervalos de media hora para formar una muestra compuesta. Al final del canal de drenaje en agosto se hizo un muestreo con tres submuestras cada tres horas. Se utilizaron envases plásticos (500 mL), los cuales se ambientaron, llenando al inicio un cuarto de la capacidad del envase y agitándolo para que las paredes del mismo fueran completamente impregnadas de la muestra, después se llenó el envase totalmente sin dejar oxígeno, para evitar la oxidación de la materia orgánica.

Las muestras para determinar la DBO₅, sólidos suspendidos y coliformes fecales fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC).

2.7.2 Nitrógeno, fósforo y potasio

El monitoreo del nitrógeno, fósforo y potasio se efectuó en un periodo de seis semanas, con dos repeticiones semanales durante mayo y junio. Se tomaron tres submuestras para formar una muestra compuesta con intervalos de 45 minutos (inicio a las 7:30 de la mañana) en la entrada y la salida de la laguna.

Las muestras de nitrógeno, fósforo y potasio fueron analizadas en el laboratorio de suelos de Zamorano. El nitrógeno se determinó por Kjeldahl, el fósforo y el potasio las muestras fueron puestas en digestión húmeda con ácido sulfúrico y agua oxigenada y determinados posteriormente por espectrofotometría (colorimetría) y absorción atómica, respectivamente.

2.7.3 pH

Para la medición de pH se hicieron muestreos durante un periodo de seis semanas con dos repeticiones semanales. Se tomaron tres submuestras cada 45 minutos iniciándose a las 7:30 de la mañana, recolectándose 50 mL/muestra en un envase de 100 mL.

Las lecturas de pH se tomaron con un pHmetro marca OAKTON® modelo EW-35624-02 y fue determinado *in situ*.

2.7.4 Caudal

Se midió haciendo aforo directo en los grifos, abiertos a media llave, de cada galpón. Se promedió el caudal y se multiplicó por el tiempo de lavado, obteniendo la cantidad de agua por galpón. Al final se sumó la cantidad de agua de lavado de cada edificio obteniendo el gasto total de agua para lavado.

2.7.5 Producción de excretas por galpón

Se hizo limpieza en seco por la mañana y por la tarde, removiendo la excreta fresca en su totalidad en cada uno de los edificios.

Con el fin de estandarizar los datos, la cantidad de excretas en kg/día/galpón se expresó por unidad de peso animal (UPA). Para estimar la unidad animal se multiplicó la cantidad de animales de cada galpón por el peso promedio y se dividió por 100 kg que corresponde a una UPA (Drucker *et al.* 2004).

2.7.6 Cantidad de sólidos extraídos por el separador de sólidos y porcentaje de humedad de la cerdaza.

Se pesó la cantidad de excreta extraída en el proceso de separación. Para determinar el porcentaje de humedad se tomaron cuatro muestras (dos muestreos semanales), las cuales fueron pesadas y secadas en un horno a 60° C durante 48 horas.

2.7.7 Costo de operación y margen de utilidad en el proceso de separación de sólidos

Para determinar las utilidades operacionales del separador de sólidos se midió las horas de trabajo, la cantidad de excretas separadas, el consumo de energía y se estimó la depreciación de la máquina en un periodo de 10 años.

2.8 NORMA TÉCNICA NACIONAL DEL AGUA

Los parámetros de la norma técnica de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario (decreto No. 058 del 9 de abril de 1996) se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros de calidad de agua de acuerdo a los límites máximos permisibles en la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado.

Parámetro	Concentraciones Máximas Permisibles
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	50 mg/L
Sólidos suspendidos	100 mg/L
NMP [□] Coliformes fecales	1000 /100 mL
pH	6 – 9
Nitrógeno	30 mg/L
Fósforo	5 mg/L
Potasio	No aplica

[□] NMP: Número más probable.

2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) y un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables nitrógeno, fósforo, potasio y pH utilizando el programa Statistical análisis System (SAS 2006).

En el caso de DBO₅, sólidos suspendidos, coliformes fecales, gasto de agua, producción de desecho, y funcionamiento del separador de sólidos, no se realizó un análisis estadístico, sino una descripción de cada variable.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DESEMPEÑO DE LA LAGUNA

3.1.1 Análisis de DBO₅ y sólidos suspendidos

La laguna facultativa remueve en promedio un 76% del DBO₅ y un 65% de los sólidos suspendidos (Cuadro 2) lo cual indica que la laguna ha tenido un buen desempeño, ya que según Oakley (2005) las lagunas facultativas se diseñan para reducir la DBO₅ y los sólidos suspendidos con una eficiencia entre 60 y 80%. Por su parte la Asociación Colombiana de Porcicultores (2002) afirma que una laguna facultativa reduce la DBO₅ entre 80 y 95% y los sólidos suspendidos son depurados entre un 40 y 60%.

Cuadro 2. Porcentaje de reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y sólidos suspendidos en la entrada y salida de la laguna facultativa.

Parámetro	Muestras	mg/L		Reducción
		Entrada	Salida	%
DBO ₅	22 marzo	4845.0	2906.0	40
	21 abril	5032.0	1242.0	75
	17 mayo	4670.4	455.7	90
	10 agosto	8322.9	272.6	97
Sólidos suspendido	22 marzo	2850	1100	61
	21 abril	5450	218	96
	17 mayo	883	830	6
	10 agosto	8840	290	97

La laguna ha madurado en un tiempo menor al esperado, ya que en cinco meses y medio de funcionamiento (del 22 de febrero hasta el diez de agosto del presente año) alcanzó niveles altos de depuración, cuando el tiempo de maduración esperado es de un año, lo que se atribuye a aplicaciones de Microorganismos Eficaces (EM) en la fosa de acopio y en la laguna de estabilización. Por su parte Higa (1996) observó que al aplicar EM a aguas residuales se obtenía una reducción en su DBO₅.

El último muestreo en la salida de la laguna (10 de agosto) indica que ésta continúa con el proceso de reducción de la DBO₅ con una concentración de 272.6 mg/L (Cuadro 2) al estudiar la Norma Técnica Nacional, el efluente está excediendo los límites máximos permisibles; sin embargo, al final del canal de drenaje presenta una concentración de 190.71 mg/ L de DBO₅. Posteriormente las aguas residuales llegan a un humedal con una longitud de 260.4 m antes de llegar al río Yeguaré.

La laguna facultativa es más eficiente en la remoción de los sólidos suspendidos a medida que pasa el tiempo (Cuadro 2). Sin embargo, las concentraciones de sólidos suspendidos en la salida de la laguna para el 10 de agosto fueron de 290 mg/L, que están sobre lo establecido por la ley ambiental, cuyo límite máximo permisible es de 100 mg/L. Sin embargo, en el canal de drenaje (10 de agosto) sus concentraciones bajaron a 219 mg/L, siendo vertidas finalmente al humedal.

Durante los meses de marzo, abril y mayo se redujo la DBO₅ y de los sólidos suspendidos a la entrada de la laguna, ya que en estos meses se limpió en seco. En agosto la DBO₅ y los sólidos suspendidos fueron altos a la entrada, debido a que no se hizo limpieza en seco el día de muestreo (Cuadro 2).

3.1.2 Coliformes fecales

La laguna está depurando un 99% de los coliformes fecales (Cuadro 3), lo cual concuerda con lo reportado por Pérez y Valverde (2005) quienes indican que la tasa de reducción de una laguna facultativa es de un 99%.

Cuadro 3. Reducción de coliformes fecales ($1 \times 10^5/100$ mL) en la laguna facultativa.

Muestras	Entrada	Salida	Reducción (%)
21 abril	4600	21.0	99
17 mayo	4600	4.3	99
10 agosto	2300	23.0	99

Las concentraciones de coliformes fecales exceden los límites máximos permisibles de 1000 UFC/100 mL, establecidos por la Norma Técnica Nacional del Agua (Cuadro 1). Para el muestreo de mayo se puede observar una alta tasa de reducción de los coliformes fecales, debiéndose principalmente a la limpieza en seco que se ha realizado en marzo y abril.

3.1.3 pH, nitrógeno, fósforo y potasio

El pH se encuentra dentro de lo permitido por la Norma Técnica. Se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) al comparar los resultados en la entrada y salida de la laguna de 1.16 unidades (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comportamiento promedio de pH, nitrógeno, fósforo, potasio a la entrada y salida de la laguna facultativa.

Muestra	pH	mg/L		
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Entrada	6.95 ± 0.37^a	585.92 ± 119.34^a	152.42 ± 22.23^a	399.50 ± 58.97^a
Salida	8.11 ± 0.17^b	133.92 ± 88.06^b	32.42 ± 14.34^b	128.67 ± 69.08^b

^{a,b} Valores con letras diferentes dentro de la misma columna difieren entre sí ($P < 0.05$)

El contenido de nitrógeno disminuyó ($P < 0.05$) entre la entrada y la salida de la laguna (Cuadro 4). Poch (1999) afirma que esto se debe a que un 77% del nitrógeno total se volatiliza. De acuerdo al Northeast Regional Agricultural Engineering Service (1998) un 65 - 80% del nitrógeno se pierde cuando es almacenado y tratado en lagunas anaeróbicas debido a la volatilización y Desnitrificación. Por su parte la Norma Técnica establece que las aguas residuales debe tener concentraciones menores o iguales a 30 mg/L de nitrógeno, o sea que el canal de drenaje (133.92 mg/L), excede lo permitido por la Norma.

El contenido de fósforo y potasio disminuyó ($P < 0.05$) entre la entrada y la salida de la laguna (Cuadro 4), con una reducción del fósforo en un 79% y del potasio en un 68%. El INIA (Instituto de Investigación Agropecuaria y Servicio Agrícola Ganadero 2005) de Chile afirma que un 66% del fósforo y potasio pueden perderse en los lodos que están en el fondo de la laguna. Los valores promedios de fósforo en la salida de la laguna están por encima de lo establecido por la Norma Técnica, la cual estipula concentraciones no mayores a 5 mg/L de fósforo; en el caso del potasio no aplica restricciones, debido a que no se considera un contaminante ambiental.

3.1.4 Gasto de agua y producción de desechos

En el Cuadro 5 se muestran las unidades de peso animal, el gasto de agua en lavado y la producción de excretas por galpón. La relación producción de excreta-UPA (unidad de peso animal: 100 kg de peso vivo, Cuadro 5) fue de 1.4 kg/UPA. El gasto de agua en limpieza de la fosa y separador de sólidos fue de 0.49 m³/día y el gasto de agua en los lavaderos fue de 0.66 m³/día. Al sumar estas cifras con el agua de lavado total (Cuadro 5) se tiene un gasto total de agua en limpieza 11.82 m³/día.

Cuadro 5. Unidades de peso animal (UPA), gasto de agua en lavado y producción de excretas por galpón.

Galpones	UPA	Producción de excretas (kg/día)	Agua de lavado m ³ /día
Gestación	180	61	2.59
Engorde 1	54	135	2.76
Engorde 2	181	246	4.31
Maternidad	36	31	0.35
Destete	32	62	0.65
Total	483	535	10.67

Con esto se obtiene un consumo promedio de 24 L/UPA. Drucker (2004) afirma que una granja tecnificada con sistemas de limpieza de alta presión no debe gastar más de 17 L de agua por UPA. La Asociación Colombiana de Porcicultores (2002) recomienda los sistemas de alta presión ya que estos tienen un ahorro de agua de un 20%.

3.2 DESEMPEÑO DEL SEPARADOR DE SÓLIDOS

3.2.1 Capacidad de trabajo actual

Por el separador pasa un total de 11.34 m³ de agua de lavado y excretas (Cuadro 6) en cuatro horas y 17 minutos, equivalente a 2.63 m³/ hora. Al ser comparado con la indicación del proveedor del separador de sólidos (Agroindustrias Allende 2006) de 11.34 m³/hora, se tiene que el separador está siendo utilizado en un 23.2 % de su capacidad real.

Cuadro 6. Gasto de agua (m³/día) de lavado y producción de excretas por edificio.

Galpones	Agua de lavado	Excretas
Gestación	2.59	0.07
Engorde 1	2.76	0.16
Engorde 2	4.31	0.29
Maternidad	0.35	0.04
Destete	0.65	0.07
Total	10.67	0.63

3.2.2 Porcentaje de humedad de la cerdaza

El porcentaje de humedad de la cerdaza obtenida por el separador de sólidos es de 44.96%, mayor que la que indica el fabricante de 35%. Esto se puede deber al tamaño del motor eléctrico que acciona el separador, ya que cuando se acumula material en la salida

del tornillo se detiene el cilindro. Campabadal (2004) afirma que los separadores de sólidos tienen una capacidad de remoción de humedad que oscila entre 35 y 50%.

3.2.3 Utilidades anuales del proceso de separación de sólidos

La granja produce en promedio 196 kg/día de cerdaza, los cuales son transferidas a un área de secado donde se empaqueta en sacos de 36.4 kg (20% humedad) que son vendidos a un precio de 22 lempiras. En el Cuadro 7 se presentan los ingresos y egresos anuales en el proceso de separación de sólidos.

Cuadro 7. Ingresos y egresos de operación anuales en el proceso de separación de sólidos, a un 20% de humedad (L).

	U.M. ^o	Cantidad	Horas uso	PV/C [*]	Total/anual
Ingresos					
Producción /día	kg	71760.8			
Venta a ganadería	sacos	1971		22	43,362.00
Total ingresos	L				43,371.88
Egresos					
Consumo de energía	kw/hora	544.36	4.28	1.6	3,727.78
Depreciación	anual	1			16,065.00
Mantenimiento	anual	1		16.44	6,000.00
Total de egresos	L				25,791.78
Ingresos Netos	L				17,580.10

^o U.M: Unidad de medida

* PV/C: Precio de venta/Costo

Bajo las condiciones de Zamorano, la inversión del separador de sólidos se recupera en periodo de nueve años y dos meses (160,650 L). Giraldo (2004) afirma que en la mayoría de explotaciones porcinas de Colombia, la cerdaza es un subproducto que se convierte en un insumo del negocio para la elaboración de ensilaje, compost, lombricompostaje, fertilizante para pastos y alimentación de rumiantes como es el caso de la granja de cerdos de Zamorano.

4. CONCLUSIONES

La laguna facultativa tiene un buen desempeño.

La DBO₅, la concentración de sólidos suspendidos, coliformes fecales, nitrógeno y fósforo exceden los límites establecidos por la Norma Nacional del Agua en la salida de la laguna facultativa.

El pH está dentro de lo establecido por la Norma Nacional del Agua.

El gasto de agua en lavado y desperdicio no excede los límites de uso recomendado en la producción de cerdos.

El separador de sólidos está siendo utilizado en un 23.2 % de su capacidad de trabajo.

El separador de sólidos reduce la carga orgánica a ser tratada y el gasto por mantenimiento en la laguna.

La cerdaza es un producto que genera ingresos adicionales al considerársele como materia prima y no un desecho.

Bajo las condiciones de Zamorano el proceso de separación de sólidos es una alternativa viable para la comercialización de la cerdaza.

5. RECOMENDACIONES

Construir una segunda laguna de estabilización.

Realizar muestreos de DBO₅, sólidos suspendidos, coliformes fecales, nitrógeno y fósforo en el punto de descarga al río Yeguaré.

Utilizar mangueras con pistolas para reducir el gasto de agua y sistemas a presión para eficientar el proceso de limpieza.

Establecer dentro los planes de manejo ambiental la limpieza en seco.

Reutilizar el agua residual para riego de pastos y frutales tomando en cuenta los análisis de nutrientes de nitrógeno, fósforo y potasio.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agroindustrias Allende, S. de R.L.M.I. (Sin fecha) Recicladora de sólidos horizontal. Nuevo León, México. (en línea). Consultado 22 may. 2006. Disponible en <http://www.agroall.com.mx/separador.htm>

Asociación Colombiana de Porcicultores; Fondo Nacional de la Porcicultura; Sociedad de Agricultores de Colombia; Ministerio de Medio Ambiente. 2002. Guía ambiental para el subsector porcícola. Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. 232 p.

Campabadal, C. 2004. El valor nutritivo de la porcínaza y su uso en la alimentación del ganado de carne. En 2^{do} Seminario Internacional de Porcicultura y Medio Ambiente. Memoria. p 23-42.

ERSAPS (Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento). 2006. Normas Técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. (en línea). Consultado 6 ago. 2006. Disponible en <http://www.ersaps.gob.hn/portal/normativa/>

Drucker, A; Semerena, R; González, V; Rueda, S. 2004. La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. Consultado 8 ago. 2006. Disponible en http://www.ejournal.unam.mx/problemas_des/pde135/PDE13507.pdf

INIA (Instituto de Investigación Agropecuaria). 2005. Recomendaciones Técnicas para la Gestión Ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina. (en línea). Santiago, Cl. Consultado 17 set. 2006. Disponible en <http://www.inia.cl/carillanca/ParaDescargar/manejopurinesporcinos.pdf>

Giraldo, S. 2004. Elemento para el manejo de los residuos sólidos en las explotaciones porcinas. In 2^{do} Seminario Internacional de Porcicultura y Medio Ambiente. Memoria. p 9-21.

Higa, T. 1996. An Earth Saving Revolution. 2. ed. Trad. A Kanal. Shinjuku –ku, Tokio, Japan. 336 p.

Mendonça, S. 2000. Sistemas de lagunas de estabilización. Pertuz R. Santa Fe de Bogotá, D. C., Colombia. Nomos. 366 p

Molina D, CH; Murgueitio R, E.1983.Valor Nutritivo Del Estiércol De Cerdo En Tres Sistemas De Procesamiento. Tesis titulo de Médico Veterinario Zootecnista. Manizales, Colombia. Universidad De Caldas, Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia.

NRAES – 89 (Northeast Regional Agricultural Engineering Service, US). 1998. Liquid manure application systems design manual. Ithaca, New York. Ed. M Lash. p. 12-13.

Oakley, S. M. 2005. Lagunas de estabilización en Honduras: Manual de diseño, Construcción, Operación y mantenimiento, Monitoreo y Sostenibilidad, Tegucigalpa, Honduras. (en línea) Consultado 13 set. 2006. Disponible en www.rrasca.org/pdf/laguna.pdf

Pérez, R. 1999. Porcicultura Intensiva y Medio Ambiente en México. Consultado 27 ago. 2005. disponible en http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/x1700t/x1700t03.htm

Pérez, P. P; Valverde, A. A. 2005. Depuración y reutilización de aguas residuales. (en línea). Consultado 08 ago. 2006. Disponible en <http://www.gem.es/materiales/document/document/g01/d01104/d01104.htm>

Poch, M. 1999. Las calidades del agua. Barcelona, Es. Rubes. 159 p.

Ramírez, H. G. 1999. Manejos de excretas porcinas: Sistemas Convencionales y alternativos (en línea). Consultado 25 ago. 2005. Disponible en http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?AREA=POR&art=375

SAS. 2006. User Guide. Statistical Analysis System Inc., Carry, NC. Version 9.01. 329 p.