

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**Tema: ESTUDIO COMPARATIVO Y APLICACIÓN DE MATERIA PRIMA
ALTERNATIVA EN BIODIGESTORES UNIFAMILIARES DE FLUJO
CONTINUO EN LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI - IMBABURA**

Autor: Robalino Fernández Hugo.

Director de Tesis: Dr. Marcelo Dávalos.

Asesores:

- Dra. Lucia Yépez,
- Ing. Guillermo Beltrán
- Dr. Galo Pabón

Año: 2009

Lugar de la Investigación: Comunidad el Rosal, García Moreno, Cantón Cotacachi.

Beneficiarios: Grupo Femenino El Rosal - Zona de Intag, Cotacachi y Universidad Técnica del Norte.



APELLIDOS: ROBALINO FERNÁNDEZ

NOMBRES: HUGO

CIUDADANÍA: 100207482-9

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062916-563 – 062 915 862

TELÉFONO CELULAR: 090373621

E – mail: hugorobalino@gmail.com
rfhugo@hotmail.com

DIRECCIÓN:

Imbabura Cotacachi El Sagrario Bolívar # 19-34 y Quiroga (Cachipugro)

AÑO: Enero de 2009

DATOS DE LA EMPRESA DONDE TRABAJA

JUNTA PARROQUIAL DE SELVA ALEGRE

DIRECCION: Parroquia Selva Alegre, Zona de Intag – Otavalo

TELEFAX: 022 861 468

PROYECTO DEL PROGRAMA PRODERENA:

“Conservación comunitaria de los bosques nublados en la Zona del Cerro el
Quinde – Selva Alegre”

MODALIDAD: Subvención

CARGO: Coordinador General

DURACION: 2 Años

RESUMEN

Intag es una zona que alcanza aproximadamente 1680 Km², la cual esta distribuida en dos cantones como son Cotacachi y Otavalo; Plaza Gutiérrez, Apuela, Peñaherrera, Vacas Galindo, García Moreno y Cuellaje son parroquias que pertenecen al primero, la parroquia restante que es Selva Alegre a este ultimo.

Intag es una zona privilegiada tomando en cuenta que se extiende hasta esta parte de territorio ecuatoriano la región del Chocó colombiano uno de los más biodiversos del mundo. La zona de Intag en la última década se distingue por la implementación de algunas alternativas tanto productivas como de investigación, dentro de esta última se enmarca el ensayo de aplicación de materia prima alternativa como son las heces humanas mezcladas con las de los porcinos en un biodigestor; dada la incidencia contaminante de los pequeños poblados hacia los riachuelos producto del vertido de las aguas servidas sin tratamiento, por otra parte este trabajo contribuyó en la búsqueda de soluciones prácticas para la sustitución del uso de combustibles y/o energías no renovables.

Para mitigar estos efectos primeramente se elabora un diagnostico ambiental o Evaluación Ecológica Rápida, de la cual se desprende que tienen una gran diversidad biológica pero al mismo tiempo un buen nivel socio organizativo, en ese mismo sentido se puede apreciar que el consumo de gas doméstico asciende a 2 tanques por mes, con un costo de \$ 2,5 y que para el traslado hacia el lugar de consumo es distante, con gran dificultad de acceso sobre todo en invierno.

Conjuntamente con la Asociación El Rosal se determinó la familia en donde se estableció este trabajo de investigación y se diseñó los planos de instalación del biodigestor, dentro del que constan 3 partes fundamentales; el sistema de evacuado de materia orgánica y alimentación del biodigestor, el sistema de biodigestión y el sistema de provisión de gas alternativo o gas natural.

Una vez realizadas las pruebas comparativas necesarias se determinó que el biodigestor con alimentación de materia prima alternativa (heces humanas) tiene una producción promedio acumulada de los tres meses con mayor T^o es de 61,55 % moles en metano, contra el promedio de sumatoria de los dos biodigestores es 64,23 % moles de metano, realmente la producción que se encontró está dentro de los parámetros normales.

Por el contrario el efluente líquido emitido por los biodigestores se muestra con cifras altas de Escherichia coli, 1.5×10^5 (bioensayo) y 1.3×10^3 (cerdos) respectivamente, preocupante y satisfactorio al mismo tiempo si tomamos en cuenta que emitir las aguas servidas sin tratamiento a los ríos o quebradas sus cifras oscilan entre 1.3×10^7 y 3.3×10^6 para las heces de hombre y cerdo respectivamente, lo que equivale a decir que se descontaminó en un 98,85% para el caso de las heces del hombre y para las heces de cerdos en 99,96%.

Finalmente la provisión de gas metano para uso doméstico permitió reducir el gasto monetario de \$ 5 dólares/mes por efecto de consumo de gas, a un tanque y medio por mes lo que equivale a un costo de \$ 3,75.

SUMMARY

Intag is a zone that approximately reaches the 1680 Km², which is distributed in two cantons as Cotacachi and Otavalo; Plaza Gutiérrez, Apuela, Peñaherrera, Vacas Galindo, García Moreno and Cuellaje these are parishes that belong to the first one, the remaining parish that is a Selva Alegre to the last one.

Intag is a privileged zone considering that extends up to this part of the Ecuadorian territory the region of the Colombian Chocó, one of the most biodiverse ecosystems of the world. The zone of Intag in the last decade differs in the implementation of some alternatives so much productive as of investigation, inside this last one is framed the essay of the application of alternative raw material like they are the human dregs mixed with those of the pigs in a biodigestor; considering the incidence pollutant of the small towns towards the small rivers product of the non-proper treatment of the sewage, on the other hand this work contributed in the search of practical solutions for the replacement of the use of fuels and/or not renewable energies.

To mitigate these effects first of all there is prepared an environmental diagnosis or Ecological Rapid Evaluation (Evaluación Ecológica Rápida), were we clearly find that they have a big biological diversity but at the same time a good organizational level, in the same sense it is possible to appreciate that the consumption of domestic gas amounts to 2 tanks per month, with a cost of \$

2,5 and that for the transfer towards the place of consumption is distant, with big difficulty of access especially in winter.

Jointly with the Association "El Rosal" we decided the family where this work of investigation was established and there were designed the planes of installation of the biodigestor, which 3 fundamental parts; the evacuee's system of organic matter and feeding of the biodigestor, the system of biodigestion and the system of provision of alternative gas or natural gas.

As soon as the comparative necessary tests were realized one determined that the biodigestor with feeding of alternative raw material (human dregs) has a production average accumulated of three months with major T^o is of 61,55 % masses in methane, against the average of two biodigestores is a 64,23 % masses of methane, showing that the production is inside the normal parameters.

On the contrary the effluent liquid expressed by the biodigestors appears with big numbers of Escherichia coli, 1.5x10⁵ (bioessay) and 1.3x10³ (pigs) respectively, worrying and satisfactorily at the same time if we consider that to throw away the sewages without treatment to the rivers or cliffs the numbers range between 1.3x10⁷ and 3.3x10⁶ for the dregs of man and pig respectively, which is equivalent to say that it was decontaminated in 98,85 % for the case of the dregs of the man and for the dregs of pigs in 99,96 %.

Finally the gas provision methane for domestic use allowed to reduce the monetary expense of \$ 5 dollars / month for gas consumption, to one tank and a half per month what 3,75 is equivalent to a cost of \$3,75.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente artículo se realiza un resumen concatenado de los pasos seguidos para la construcción e instalación del biodigestor.

Materiales básicos utilizados en la instalación.

En la instalación se utilizó más materiales, sin embargo con la finalidad de facilitar a que los interesados puedan replicar este trabajo se reduce a los materiales imprescindibles.

Costo mínimo de instalación del biodigestor

PRESUPUESTO MINIMO PARA LA INSTALACION DEL BIODIGESTOR				
Materiales	Unidad	Cantidad	P. unitario	Costo Total
Taza del baño (edesa)	unidad	1	\$. 65	\$. 65
Tubería PVC de ¾"	metros	6	\$. 1	\$. 6
Tubería PVC 110 mm	unidad	7	\$. 6,0	\$. 42
Tubos asbesto cemento	unidad	2	\$. 5	\$. 10
Cemento	quintal	4	\$. 6,5	\$. 26
Tablas	unidad	10	\$. 1	\$. 10
Plástico/polietileno	metros	24	\$. 5,25	\$. 126
Pegamento	frasco	1	\$. 3	\$. 3
Uniones PVC	unidad	10	\$. 0,3	\$. 3
Personal requerido				
Técnico en energía alternativa	Obra	1	\$. 150	\$. 150
TOTAL				\$. 441,00

Ubicación del lugar del área de estudio.- El sitio de estudio se encuentra ubicado en la comunidad el Rosal, parroquia García Moreno-Zona de Intag.

Coordenadas: 765094 Norte UTM,
10026126 Oeste UTM

Familia: Tupiza – Ruiz

Metodología utilizada en el diagnostico socio ambiental.- Con el objetivo de tener una visión mas cercana a la realidad local se realizó una Evaluación Ecológica Rápida in situ, lo cual con la matriz se identifica tres líneas o aspectos, social, económico productivo y ambiental de las cuales se subdividen en 20 variables con su respectivo indicador, técnica utilizada especificando a que tipo de publico esta dirigido la misma.

La línea que mas se enfatizó es la ambiental tomando en cuenta que este factor proporcionó datos reales de los diferentes ecosistemas para soportar diversos tipos y niveles de uso, algunas restricciones en cuanto a la aplicación del ensayo y alternativas de implementación y finalmente las posibilidades de desarrollo social como sinónimo de bienestar familiar ó mejoramiento de la calidad de vida.

Metodología para el diseño y construcción del sistema de biodigestión.

En la implementación del biodigestor alternativo se utilizó el software Autocad 2006, con esta herramienta se hizo los planos preliminares, para luego la confirmar y readecuar de acuerdo a las distancias exactas tomadas in situ, lo que ayudó para la adquisición de los materiales en cantidad y calidad. Además se tomó en cuenta algunos parámetros como: distancia del biodigestor en relación con la vivienda, el viento y sus corrientes favorables por situaciones de olores, distancias de la caja de descarga para las excretas humanas, para las excretas de porcinos.

Metodología para valorar la eficiencia de los biodigestores.- Para la valoración de esta tecnología se propuso tomar como muestra dos biodigestores que tengan condiciones ambientales parecidas, con la finalidad de que los datos que se obtengan posean un punto de comparación. Para obtener cifras que nos permitan comparar el efluente gaseosos y líquido producto de la biodigestión, que son el biogás y bioabono respectivamente, del primero se tomó dos elementos de su variada composición, el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂); del bioabono se toma tres elementos básicos que son nitrógeno, fósforo y potasio, en función de cuantificar el aporte de nutrientes como abono.

Metodología para la socialización de esta tecnología en la zona.- Para la socialización se convocó a una asamblea comunal en la cual con el apoyo de las diapositivas en power point se realizó la explicación de una manera cronológica, empezando por el diseño, la construcción, instalación del sistema de biodigestión, ventajas, desventajas y finalmente se recoge algunos comentarios y sugerencias que realizan dada las expectativas generadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Excavación y construcción

Tomando en cuenta que el biodigestor se alimentará de dos fuentes, las excretas de porcinos y la de humanos, por ende la excavación tiene dos direcciones partiendo del tanque de alimentación del biodigestor o lo que equivale a decir tubería desde baño familiar y tubería desde la chanchera hasta el biodigestor.

En la construcción y **excavación** se tuvo algunas especificaciones importantes

Excavación	altura (m)	ancho (m)	longitud (m)
Tanques de revisión	0,8	0,6	0,6
Tanque de alimentación y salida	1,0	1,0	1,0
Tanque para Biodigestor	0,9	1,0	6,0
Canalización para el baño familiar	0,5	0,4	15,0
Canalización para la chanchera	0,5	0,4	10,0

Instalación del biodigestor

a. Instalación de la tubería para transporte de biogás

Para la conducción del biogás desde el biodigestor hasta la cocina familiar se realizó las conexiones a partir de la funda donde se genera biogás, tomando el tubo pvc de ¾ pulgada para la parte inicial, luego en la parte final adaptarle a la tubería de ½ pulgada, con la finalidad de elevar la presión de salida del biogás. En la parte intermedia se realizó las conexiones de la válvula de seguridad mediante una "T" pvc para desfogue en caso de que exista sobreproducción de biogás, y otra T con un filtro de estropajo o esponjilla el cual cumple la función de retener partículas azufradas que contiene este gas.

b. Armado de la bolsa tubular de polietileno (plástico)

- 1) Se cortó 2 bolsas de 8 metros cada una, luego se introdujo una bolsa dentro de la otra y obtenemos una bolsa doble.
- 2) Se tomó en cuenta que se encuentre en la mitad del quiebre superior del plástico en el cual hicimos un corte de diámetro menor al del adaptador, luego se introdujo los empaques de boya de llanta tanto en la parte interior como en la superior, finalmente se ajusta firmemente para lograr un cerrado hermético.
- 3) Se introdujo una soguilla de 13 metros, en la cual amarramos en la mitad de la soguilla un pedazo de espumaflex, para remover la materia orgánica en caso de taponamiento
- 4) Para el ingreso de la bolsa tubular a la fosa excavada tomamos los extremos de la bolsa y procedimos a amarrar fuertemente en los extremos de los tubos de cemento de entrada y salida respectivamente, con ligas de neumáticos.
- 5) Antes del *inflado y aprovisionamiento de materia orgánica*, se tapó temporalmente los bordes de los tubos que se encuentra al interior de los tanques de ingreso y salida, para la luego inflar con una bomba de fumigar a motor.
- 6) El control de nivel del agua se determinó por la altura de los tubos de cemento (20cm Ø) a que fueron fundidos. De manera que el tubo del tanque de entrada lo colocamos a 0,35 m. de altura a partir del nivel inferior de la fosa; por su parte el tubo de salida lo colocamos a 0,30 m.

Análisis de eficiencia de los subproductos

Uso de excrementos humanos

Los excrementos humanos desde hace mucho tiempo atrás se han venido utilizando en otros países, por lo que se estimó en el ensayo experimentar con esta materia la que le denominamos "materia orgánica alternativa". Para la utilización de estos excrementos de humanos en la digestión anaerobia se propuso realizar una instalación de tubería desde baño de la vivienda familiar hasta el biodigestor, con una excavación segura que lleve estos fluidos sin contratiempos y también que nos permita realizar algunas reparaciones en caso de existir taponamientos, para lo que se propuso construir dos tanques de revisión.

Frecuencia de muestreo.- La frecuencia de muestreo se determinó en base a la estabilización de la producción de biogás, pero concordante con la época seca y su relativo aumento de temperatura así tenemos tres muestras tomadas en tres meses, 11 de julio, 11 de agosto y 11 de septiembre. Asimismo se evidenció la producción de biogás con la materia en experimento como son las excretas humanas, al mes 15 días.

Se determinó realizar las pruebas en el biogás el metano (CH₄) y en el efluente líquido N, P, K

Promedio de la producción de biogás en tres meses

BIOENSAYO			BIODIGESTORES DE COMPARACION		
Componente	% peso	% moles	Componente	% peso	% moles
Aire	42,76	32,41	Aire	37,78	28,3
Metano	47,42	61,55	Metano	49,47	64,2
CO ₂	7,71	3,58	CO ₂	10,68	5,0
Agua	2,11	2,47	Agua	2,07	2,4

En el cuadro anterior se puede apreciar que la producción de metano en el biodigestor del ensayo (47,42) es inferior al de comparación (49,47), lo que significa que produjo menos metano en % de peso/concentración en 100 ml de muestra

Porcentaje de nutrientes encontrados en el efluente líquido

Bioensayo

Componente	ppm	%
Nitrógeno	169,94	0,0169
Fósforo	22,00	0,0018
Potasio	7,53	0,0008

Biodigestores de comparación

Componente	ppm	%
Nitrógeno	171,02	0,0171
Fósforo	24,00	0,0024
Potasio	8,50	0,0009

Análisis bioquímico de la muestra del efluente-BIOENSAYO

Al efluente líquido del biodigestor del ensayo también se lo realizó un análisis bioquímico en vista que el tanque de carga recibe alimentación del sistema de evacuado de aguas servidas, obteniendo los resultados siguientes:

PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	BIOENSAYO
Recuentos de aerobios totales	UFC/100ml	$4 \cdot 10^6$
Recuentos de coniformes totales	UFC/100ml	$2,2 \cdot 10^6$
Recuentos de <i>Echerichia Coli</i>	UFC/100ml	$1,5 \cdot 10^5$
Recuentos de mohos	UPM/100ml	$96 \cdot 10^5$
Recuento de levaduras	UPL/100ml	$5 \cdot 10^6$
Entameba histolítica (huevos)	.....	Abundante
Entameba histolítica (formas larvares)	.....	Presencia
Ascaris lumbricoides (huevos)	.....	Abundante

Fuente: Laboratorio de uso múltiple Ficaya-UTN

Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola (TULAS)

Con los resultados de la muestra anterior se comparó con el que existe en el *texto unificado de legislación ambiental secundaria ecuatoriana*, Tabla 6.- *Criterios de calidad ambiental admisibles para aguas de uso agrícola* y se determinó que los parásitos exceden del límite permisible.

parámetros	expresado como	unidad	Límite máximo permisible
Recuentos de coniformes totales	UFC/100ml		1000
Entameba histolítica (huevos)	.....		cero
Ascaris lumbricoides (huevos)	.....		cero

Fuente: Tabla N° 6 del libro VI, Anexo 1 (TULAS)

Ventajas y dificultades en la aplicación de esta metodología

Base tecnológica aplicada con anterioridad en la zona

Una década atrás en la zona de Intag se viene implantando proyectos enfocados a elevar la calidad de vida de sus pobladores, es así que instalan el primer biodigestor por parte de la Asociación de Campesinos Agroecológicos de Intag en el año 2000, lo cual permite obtener conocimientos generales para replicar y generar más conocimiento técnico, formas de afrontar dificultades e innovar detalles que aportan en la eficiencia y producción de biogás.

Desventajas

Dificultad en analizar las muestras de biogás, dada la distancia que existe entre el sitio del estudio y los laboratorios de Petroproducción, por lo que se decidió realizar las pruebas de laboratorio en la Escuela Politécnica Nacional de Quito esto con la finalidad que las muestras no pierdan calidad y reflejen la realidad del experimento.

CONCLUSIONES

La construcción y funcionamiento del biodigestor fue posible, a más del diseño técnico, por la colaboración de los habitantes de la zona y porque existe ya un alto grado de organización comunitaria y de concienciación en la conservación ambiental y el desarrollo de actividades relacionadas con el turismo comunitario y la formación de pequeñas empresas que fomentan el uso de la biodiversidad de la zona.

El propietario del terreno donde se construyó el biodigestor participó en su diseño y construcción y como resultado se obtuvo una tecnología sencilla de construcción y funcionamiento, misma que puede ser replicada con facilidad por otras familias de la zona.

La producción de biogás con materia orgánica de dos fuentes que son excretas porcinas y excretas de humanos, generó metano de buena calidad como lo demuestra la tabla N° 12, en donde el metano producto de la sumatoria de materia orgánica de 2 porcinos y cinco miembros de una familia, tuvo una producción aceptable frente a los biodigestores de comprobación:

Bioensayo	(CH ₄)=61,55 % (moles)
Biodigestores de comprobación	(CH ₄)=64,23% (moles).

En el efluente líquido se encontró que tiene altos niveles de *Coniformes Fecales*, *Escherichia Coli* ($1,5 \times 10^5$) que es abundante si tomamos en cuenta que el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria vigente en el Ecuador determina como rango permisible 10^3 para los *C. totales*, de igual forma el análisis de las muestras del efluente líquido se encontró abundante presencia de *Entameba Histolitica* para lo cual esta misma legislación ambiental determina que no debe existir huevos de parásitos, en consecuencia el efluente no sirve para utilizar en la agricultura de hacerlo implicaría graves daños a la salud de los seres humanos al abonar los cultivos de consumo humano.

El efluente líquido emitido por los biodigestores muestra cifras altas de *Escherichia coli*, $1,5 \times 10^5$ (bioensayo) y $1,3 \times 10^3$ (cerdos) respectivamente, preocupante y satisfactorio ya que las aguas servidas enviadas sin tratamiento a los ríos o quebradas sus cifras oscilan entre $1,3 \times 10^7$ y $3,3 \times 10^6$ para las heces de hombre y cerdo respectivamente, lo que quiere decir que el sistema biodigestor descontaminó en un 98,85% para el caso de las heces del hombre y para las heces de cerdos en 99,96%.

Este trabajo investigativo reportó rendimientos admisibles, beneficios ambientales y económicos mínimos, que son reconocidos por la familia beneficiada, incidiendo positivamente en el resto de la comunidad. De igual forma repercutió de manera positiva luego de la socialización, tomando en consideración que en este bioensayo se utilizó excretas humanas lo que inconscientemente genera el rechazo hacia esta tecnología.

RECOMENDACIONES

Dado el buen nivel socio organizativo mostrado por la comunidad, se recomienda motivar, promover y replicar esta tecnología en comunidades aledañas y parroquias cercanas, mediante visitas de campo al sitio de investigación. De igual forma se deberá impulsar programas y proyectos agropecuarios para que estos sistemas de biodigestión sean autosuficientes, en ese mismo sentido se deberá acoger las modificaciones o adaptaciones con la finalidad de encontrar la eficiencia del sistema de biodigestión mixto.

Se recomienda realizar el diseño, construcción e implantación de forma comunitaria y participativa, tomando en cuenta los criterios y sugerencias, ya que esto dependerá el éxito o fracaso del proyecto.

Determinado que las heces de porcinos genera mayor porcentaje de metano (64,23 > 61,55), se recomienda la introducción de 2 o mas cerdos para equilibrar la alimentación hacia el biodigestor de materia prima, consecuentemente mayor cantidad de metano y mejorar la provisión de energía alternativa hacia la familia.

Una vez comprobado que el efluente líquido contiene altos porcentajes de patógenos, $1,5 \cdot 10^5$ de *Escherichia coli*, *Entameba Histolitica*, presencia abundante, se recomienda reducir hasta los índices permisibles recomendado por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, que determina en 1000 UFC por cada 100 ml de agua de riego, antes de la utilización como abono orgánico.

Comprobado que este sistema implementado descontamina en gran porcentaje (98,85%), sin embargo el efluente líquido no alcanza los límites permisibles (10^4) por la OMS, se recomienda utilizar como abono en plantas forestales lo que permitirá mitigar los efectos directos y de contacto humano.

Socializada esta tecnología y observando que existe apertura, es necesario ampliar y profundizar cada uno de los procesos y resultados críticos, en la comunidad interesada, para evitar enfermedades por contaminación y otras consecuencias.

BIBLIOGRAFÍA

- **ACAI**, Producción de biogás en fincas campesinas del valle de Intag
- **ALIANZA EN ENERGIA Y AMBIENTE CON CENTROAMERICA, 2006**. Manual de uso y mantenimiento de una unidad biodigestora
- **BOTERO RAND PRESTON, T R. 1987**. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manuscrito ineditado: CIPAV, Cali, Colombia
- **CHARÁ O. JULIÁN DAVID, 2002**. El Potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de Descontaminación Productiva.
- **DOMINGUEZ P. LUIS, 2006**. Biodigestores como componentes de sistemas agropecuarios integrados. Instituto de Investigaciones Porcinas. Punta Brava- Cuba.
- **INSTITUTO NACIONAL DE ENERGÍA DEL ECUADOR**, Guía para la construcción de un Biodigestor.
- **INFANTES CHÁVEZ, PABLO 2006**. Diseño de biodigestores.

- **ORESTES HERMIDA GARCÍA, M SC. LISBET LÓPEZ GONZÁLEZ, 2005**. Diseño y evaluación de un biodigestor para obtener gas metano y biofertilizante a partir de la fermentación de cachaza y residuos agropecuarios. Centro Universitario Sancti Spiritus. Cuba.
- **PEDRAZA. G. CHARÁ J, X AND CONDE NATALIA, 1999**. Evaluación de biodigestores tipo membrana (CIPAV) Centro de Investigaciones en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia.
- **VEGA N. I, 2000**. Evaluación de diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz (*zea mays L.*) y sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) y las propiedades químicas de los suelos.