

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA AGRONÓMICA DE UN LODO
RESULTANTE DE LA ACTIVIDAD PISCICOLA SEMIINTENSIVA USADO
COMO ABONO EN UN SUELO DEL MUNICIPIO DE BUENAVENTURA**

MAYELY ANCHICO TORRES



**UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE AGRONOMÍA DEL TRÓPICO HÚMEDO
BUENAVENTURA
2009**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA AGRONÓMICA DE UN LODO
RESULTANTE DE LA ACTIVIDAD PISCICOLA SEMIINTENSIVA USADO
COMO ABONO EN UN SUELO DEL MUNICIPIO DE BUENAVENTURA**

MAYELY ANCHICO TORRES

**Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar al título de
Agrónomo del Trópico Húmedo**

**Director
Ing. Javier López**

**UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
PROGRAMA DE AGRONOMÍA DEL TRÓPICO HÚMEDO
BUENAVENTURA
2009**

DEDICATORIA

"A DIOS" quien es el que me da fuerzas todos los días para seguir adelante y armarme de valor para enfrentar el mundo sin temores.

A mi hijo que se ha convertido en el centro de mi vida y cada mañana me recuerda el porqué debo levantarme y seguir luchado por mis anhelos.

A mis padres que gracias a su educación, sus consejos y su amor, me han dado la posibilidad de salir a delante y hacer de mí una gran profesional.

Mis hermanos que siempre han estado cuando más los he necesitados gracias por siempre creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a todas las personas que le apoyaron de una u otra manera durante su formación profesional, y a quienes colaboraron determinantemente para hacer realidad estos resultados:

- Javier López, *M.Sc.*, Director de tesis; Docente del Programa de Agronomía del Trópico Húmedo Universidad del Pacífico.
- Carlos Julio Medina, *I.A*, Asesor; Docente del Programa de Agronomía del Trópico Húmedo Universidad del Pacífico.
- Eudes Sánchez Morales *M.Sc*, Director del Programa de Acuicultura Universidad del Pacífico.
- Robert Tulio González M., *M.Sc.*, Director Programa, Víctor Hugo Moreno, *I.A.F*, Nelly Pérez, *M.Sc*, José Antonio Rubiano, *M.Sc*, Mirna Inés Mosquera, *Ph.D*, Dagoberto Torres Ing Agr., Luigi Córdoba T., *M.V.Zoot.*, *I.A*, Alberto Ruiz; Estadístico, Segundo Javier Celis, Tec. Quím y todos los docentes del Programa de Agronomía del Trópico Húmedo que aportaron su grano de arena durante mi formación en la Universidad del Pacífico.
- Mi familia, que ha sido mi fortaleza y motivación para seguir adelante: mis padres, Heliodoro Anchico Campaz y Stella Torres Portocarrero; mis hermanos, Shirley, Elio, Yessid, Leonard, Edwin, Elsy (Anchico Torres); mis abuelos, Gabriel Arroyo y Lucila Portocarrero; mis tíos, Esperanza, Pedro; mis primos, Tedy, Claudia, Diego, Johana, Pablo, Jhonatan, Diana, Gloria, Xiomara, Lina, Angy.
- Cristian Mauricio Medina que desde el cielo vea mi sueño hecho realidad, que siempre estuvo presente en los momentos difíciles brindándome su apoyo y su amor y que siempre creyó en mí.
- Julieta y la familia Medina Gómez en general, por estar dispuestos a brindarme su apoyo y creer en mí cariño puro y sincero. Quienes me dieron la posibilidad de entrar en su humilde morada.
- Alba Luz Torres que siempre estuvo ahí para escucharme y hacerme dar cuenta que de los errores se debe sacar lo mejor.

- Julio Cesar Casquete quien se ha robado un espacio en mi corazón y me ha dado la oportunidad de brindarme su apoyo incondicional, quien me ha enseñado que perder es ganar un poco.
- Maryoli Castro Angulo que se ha robado un espacio en mi corazón con su forma y manera de hacer sus cosas, que a pesar de cualquier dificultad entre las dos la aprecio mucho.
- A mis compañeros por su apoyo, comprensión y colaboración en los momentos difíciles, especialmente a Enny Castro, Magny, Jessica Pinillo, Yenner Javier Caicedo, Ana Milena Hurtado, Herminio Paredes, Marlenis Payan, Ana Viviana Amú, John Edward Vásquez, Johny Perea, Karoll Angulo, Aderson Arroyo. Mis compañeros de clases y todos mis amigos, que por ser imposible enumerarlos uno a uno, les ruego me disculpen. A ustedes, y a todos a quienes he mencionado, siempre los tendré presente en mí corazón.
- A todas las personas que trabajan en el Centro de Investigación y Producción Acuícola Henry Von Prahel que sin su ayuda y colaboración no hubiera podido haber hecho este sueño realidad. Especialmente agradecimiento a Johana y Don Pedro.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1 GENERALIDADES DE LA PISCICULTURA	17
2.1.1 Clasificación de la Acuicultura	17
Acuicultura Extensiva	17
Acuicultura Semiintensiva	17
Acuicultura Intensiva	17
2.1.2 Funcionamiento de los Estanques	17
2.1.3 Materia Orgánica	17
2.1.4 Digestibilidad en peces	18
2.1.5 Total de Sólidos Disueltos	19
2.2 SUELOS DEL PACIFICO	19
2.2.1 Suelos de las Formas Aluviales	19
2.3 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL MAÍZ	19
2.3.1 Agroecología	20
2.4 DEFICIENCIA DE NUTRIENTES EN EL MAÍZ	21
2.4.1 Los Macronutrientos	21

Nitrógeno (N)	21
Fosforo (P)	21
Potasio (K)	21
Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)	22
2.4.2 Los Micronutrientos	22
Boro (B)	22
Cobre (Cu)	22
Manganeso (Mn)	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 LOCALIZACIÓN	23
3.2 MATERIALES	23
3.2.1 Lodo de Piscicultura	23
3.2.2 Suelo	23
3.2.3 Semilla	23
3.3 METODOLOGÍA	23
3.3.1 Fase de Campo	24
Obtención de los Materiales	24
Secado	24
3.3.2 Fase de Invernadero	24
Experimento Preliminar	24
Experimento Final	24
- Materia seca de las plantas de Maíz	25
- Análisis químico	26

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	27
4. RESULTADOS Y DISCUSION	28
4.1 FASE DE CAMPO	28
4.1.1 Análisis químico del Lodo y del Suelo	28
4.2 FASE DE INVERNADERO	28
4.2.1 Experimento Preliminar	28
4.2.2 Experimento Final	31
Cambios ocurridos en las plantas como consecuencia de la aplicación del lodo de piscicultura	31
- Altura de la Planta	31
- Numero de Hojas	31
- Diámetro del Tallo de la Planta	31
- Biomasa	31
Cambios ocurridos en el suelo como consecuencia de la aplicación del lodo de Piscicultura	33
5. CONCLUSIONES	35
6. RECOMENDACIONES	36
7. BIBLIOGGRAFIA	37

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Análisis químico de lodo de piscicultura semiintensiva del Centro de Investigación y Producción Acuícola Henry Von Prah y de suelo de la finca el Sinaí.	29
Tabla 2. Promedio de variables en el desarrollo de las plantas de maíz cultivadas en materas.	29
Tabla 3. Análisis químicos de lodo de piscicultura y de cada una de mezclas realizadas después de la cosecha.	34

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estanque de piscicultura después de la cosecha se observa el lodo que queda como residuo de la actividad Foto: M. Anchico Torres. (2008).	24
Figura 2. Secado de lodo sobre una superficie porosa bajo sombra Foto: M. Anchico Torres. (2008)	25
Figura 3. Experimento preliminar. De izquierda a derecha las proporciones suelo-lodo fueron (%): 100-0 (únicamente suelo); 75-25; 50-50; 25-75; 0-100 (Únicamente lodo). Foto: M. Anchico Torres. (2008).	26
Figura 4. Experimento final. Llenado de materas. Maíz germinado. Foto: M. Anchico Torres. (2008)	27
Figura 5. Altura promedio de las plantas de maíz.	30
Figura 6. Peso seco promedio de las plantas de maíz.	31
Figura 7. Altura de las plantas al momento de la cosecha. En cada matera aparece el % de lodo utilizado.	32
Figura 8. Número de hojas promedio de las plantas de maíz en el momento de la cosecha.	32
Figura 9. Diámetro del tallo promedio de las plantas de maíz en el momento de la cosecha.	33
Figura 10. Peso seco (g) promedio de las plantas de maíz en el momento de la cosecha.	33

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Análisis de varianza de la altura de la planta de maíz.	39
Anexo 2. Prueba Análisis de varianza de la altura de la planta de maíz.	39
Anexo 3. Análisis de varianza del diámetro del tallo de la planta de maíz.	40
Anexo 4. Prueba análisis de varianza del diámetro del tallo de la planta de maíz.	40
Anexo 5. Análisis de varianza del número de hojas de la planta de maíz.	41

RESUMEN

Se realizó una evaluación bajo condiciones de invernadero para determinar la eficiencia agronómica de un lodo resultante de la actividad piscícola semiintensiva usado como abono en un suelo de Buenaventura. Las muestras fueron colectadas así: El lodo en el Centro de Investigaciones y Producción Acuícola Henry Von Prantl corregimiento de Sabaletas y el suelo en una zona baja del río Dagua – margen derecho, de la vereda Zacarias. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT, en donde se estableció que el suelo se caracterizó por una reacción ácida, bajo contenido de potasio, muy bajo contenido de fósforo y además un alto contenido de materia orgánica, de calcio y de magnesio; en cuanto al lodo, presenta una reacción ligeramente ácida y un bajo contenido de nutrientes excepto el fósforo que se considera alto. Mediante un experimento preliminar se establecieron las dosis a evaluar: testigo, 5, 10, 15 y 20% de lodo, utilizando como planta indicadora el maíz (*Z. mays*. L) en el cual se observaron los cambios ocurridos como consecuencia de la aplicación del lodo de piscicultura, presentando diferencias significativas en la altura de las plantas y el diámetro del tallo para cada una de las dosis aplicadas; no encontrándose diferencias significativas en el número de hojas. Al medir la biomasa en términos de la materia seca producida se observó que hubo una estrecha y positiva correlación entre la aplicación de lodo y la producción de materia seca.

Palabras claves: Lodo, piscicultura semiintensiva, abono,

SUMMARY

An assessment was made under greenhouse conditions to determine the agronomic efficiency of sludge from a fish farming semi used as fertilizer in the soil of Buenaventura. The samples were collected as follows: the sludge at the Center for Aquaculture Research and Production Prarl Henry Von Corregimiento Sabaletas and soil in a lower area of the river Dagua - right side of the village of Zacarias. The samples were analyzed at the Analytical Services Laboratory of CIAT, which established that the soil was characterized by an acid reaction, low potassium, low phosphorus content and a high content of organic matter and calcium magnesium;

concerning the mud, has a slightly acid reaction and low in nutrients other than phosphorus is considered high. By a preliminary experiment were to evaluate the doses: control, 5, 10, 15 and 20% mud, using as an indicator plant maize (*Z. mays. L*), which noted the changes resulting from the application mud fish showed significant differences in plant height and stem diameter for each of the dose applied, no significant differences in the number of leaves. By measuring the biomass in terms of dry matter produced was observed that there was a close and positive correlation between the application of mud and dry matter production.

INTRODUCCIÓN

La notable disminución de la pesca de captura en el mundo ha conducido a que la producción acuícola (acuicultura) se constituya en una fuente alternativa de proteína para la seguridad alimentaria mundial (FAO, 1998). De las actividades acuícolas, la producción en estanques tiene una gran importancia en los países como Brasil, Colombia y Venezuela, entre otros, en donde las cifras de producción presentan un panorama de crecimiento acelerado. En Colombia, la producción acuícola durante los últimos años de la década del 80 fue de 3.392 toneladas y para finales del 90 fue de 46.705 toneladas, presentando un crecimiento medio anual del 30% (INPA, 1998). Según Espejo, 2005 este incremento trae mayor generación de recursos para el campo, para los piscicultores y en general para el país, pero ese mayor incremento en la producción ya coloca a Colombia entre los países Latinoamericanos de mayor crecimiento porcentual conjuntamente con el vecino Ecuador y el Brasil.

La acuicultura en Colombia se encuentra cimentada en el cultivo de peces y crustáceos principalmente. Como consecuencia de los diferentes pisos térmicos que se tienen, las especies de peces que se cultivan en aguas continentales son bocachico (*Prochilodus magdalenae*) cachama negra (*Colossoma macropomum*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), el híbrido rojo de tilapia o mojarra roja (*Oreochromis spp*), mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*), trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), carpa común y carpa espejo (*Cyprinus carpio* y *Cyprinus carpio var. specularis*) el coporo (*Prochilodus mariae*) y el yamú (*Brycon siebenthalae*). Existen otras especies que esporádicamente se vinculan a los cultivos como es el caso del bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), el blanquillo (*Sorubim lima*) y la dorada (*Brycon moreii*) (Salazar, 1999).

Es obvio que con el aumento de la producción piscícola, la actividad cambió, dejando de ser estrictamente aquella piscicultura familiar para convertirse en una industria generadora de mayor lucro y mayores impactos ambientales. La producción de peces, como cualquier otra producción de organismos vivos, trae algunos impactos al medio ambiente que incluyen desde liberación de excretas, restos de alimento y medicamentos (Pardo et al, 2006).

Según Nieto, 2007 se puede definir genéricamente a los lodos como la biomasa resultante del proceso de tratamiento de las aguas “servidas” y están compuestos de materiales orgánicos ricos en nutrientes. La cantidad de lodo a obtener es obviamente una función de cuánto comen los peces. Del 100% del alimento que se da en un día, aproximadamente un 30% se convierte en sólido de desecho seco, este 30% de sólido seco sale del deshidratador con un 60% (o 70) de humedad, por lo cual dividimos por 0,4 la cantidad de lodo seco, con lo cual se obtiene la masa (kilos) de sólido húmedo producido, valor que a su vez se divide

por 1,2 (densidad del lodo húmedo) para obtener finalmente el volumen (litros) de sólido húmedo producido por día.

Después de la cosecha de peces, el lodo del estanque, rico en nutrientes, puede ser utilizado como fertilizante para mejorar las cosechas, o el estanque en sí mismo puede ser cultivado con forrajes u otros cultivos (Gupta et al, 1998)

Lo principal sin embargo, es tener en cuenta que el “lodo”, es aquella materia prima que precisamente le otorga, en este eslabón de la cadena productiva, la posibilidad de reciclar para luego ser incorporado al suelo, puesto que manejado adecuadamente nos permite cerrar el ciclo.

Por otra parte en la región del Pacífico las condiciones climáticas extremas y las formas del relieve son los dos factores más importantes en la evolución de los suelos. La alta precipitación pluvial, la humedad excesiva en el ambiente y las temperaturas propias del trópico cálido superhúmedo aceleran los procesos de alteración de los minerales primarios y los de pérdida por lavado de los elementos químicos, muchos de los cuales son indispensables para la nutrición vegetal, por lo que el componente orgánico del suelo pasa a ejercer una acción fundamental en este aspecto (Cortes, 1993). Debido a la baja fertilidad que presentan estos suelo se debe aplicar abono para permitir un aumento en la producción agrícola.

Así, bajo la concepción de aprovechar estos lodos como abono en los sistemas de producción agrícolas de la región, de una u otra forma se encontraría un equilibrio para evitar que los lodos generados por la piscicultura sean desechados.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la eficiencia agronómica de un lodo proveniente de la actividad piscícola semiintensiva usado como abono en un suelo del municipio de Buenaventura utilizando el maíz (*Zea Mays*) como planta indicadora bajo condiciones de invernadero.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 1.2.1 Encontrar un rango óptimo de mezcla suelo: lodo para usar en la investigación.
- 1.2.2 Evaluar los cambios ocurridos en las plantas de maíz en su crecimiento y desarrollo como consecuencia de la aplicación del lodo de piscicultura.
- 1.2.3 Evaluar los cambios químicos ocurridos en el suelo como consecuencia de la aplicación de diferentes dosis del lodo de piscicultura

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DE LA ACUICULTURA.

2.1.1 Clasificación de la acuicultura. La acuicultura se puede clasificar según el tipo de producción, grado de manejo y tecnología empleada en: extensiva, semiintensiva e intensiva.

- **Acuicultura extensiva.** Es aquella en donde la acción del hombre se limita exclusivamente a la siembra y cosecha de una o varias especies en un cuerpo de agua. No se realiza ningún tipo de manejo como la fertilización del agua y no se da ningún tipo de alimentación. Este tipo de acuicultura es la que se realiza con fines de aprovechamiento de un cuerpo de agua determinado.
- **Acuicultura semiintensiva.** Es aquella en donde la labor del hombre va más allá de la siembra y la recolección de los organismos; generalmente ya existen estanques o reservorios construidos por el hombre para este fin y las técnicas de manejo se restringen a la siembra de los peces, abonamiento, preparación incipiente y esporádica del estanque y en ocasiones se suministra algún tipo de alimento. Se emplea densidades de siembra más altas que en el cultivo extensivo, que contribuye a obtener mayores producciones. Este sistema de cultivo es practicado por la gran mayoría de los pequeños productores de Colombia.
- **Acuicultura intensiva.** Se realiza empleando mayores densidades de siembra, infraestructura adecuada (estanques o jaulas flotantes), depende específicamente del suministro de alimento concentrado apropiado para la especie de cultivo y requiere más alta tecnología, como manejo de flujos de agua, de sistemas de aireación y en algunos casos el empleo de oxígeno líquido, reutilización de agua y biofiltros, entre otros. Necesita una mejor planificación puesto que se invierten mayores recursos económicos, pero a su vez se obtienen mayores producciones y por lo tanto aumenta su rentabilidad (Rodríguez et al, 2001).

2.1.2 Funcionamientos de los estanques. Los desechos generados por los estanques piscícolas son descompuestos por procesos físicos, químicos y biológicos dentro de las piscinas, encontrándose mayores concentraciones en sólidos, materia orgánica y nutrientes (Boyd Claude, 1996).

2.1.3 Materia Orgánica. La materia orgánica entra en las piscinas de fuentes externas (alimento balanceado) o se produce internamente (heces y desechos de las plantas acuáticas y de los animales). La materia orgánica está compuesta principalmente de carbohidratos, proteínas y grasas; la mayoría de la materia orgánica se compone de los restos de las plantas. Las heces y los residuos de las plantas acuáticas tienen comparativamente bajas

concentraciones de nitrógeno y comparativamente altas concentraciones de fibras y se descompone más lentamente y menos completamente, que los residuos orgánicos del plancton muerto. Las partículas de materia orgánica se descomponen en el agua aunque una gran proporción se sedimenta en el fondo de la piscina donde continúa su descomposición. Cuando las piscinas son construidas, usualmente el fondo contiene 0.5-5% de materia orgánica nativa, pero en algunas ocasiones, son construidas en suelos que contienen demasiada concentración de materia orgánica. Una vez construidas las piscinas, existe una entrada continua hacia el fondo de materia orgánica fresca y este material se descompone rápidamente en humus relativamente estable (Boyd Claude, 1996).

2.1.4 Digestibilidad en peces. Según Espejo, 2005 en los esquemas de acuicultura semi-intensiva ó intensiva, se utiliza el alimento balanceado ya que las producciones no pueden seguir dependiendo tan solo de la productividad primaria de los estanques. El componente principal de los alimentos artificiales y de los naturales es el nitrógeno, que a su vez es parte esencial de las proteínas, péptidos de cadena corta y aminoácidos. Después del consumo y digestión de la proteína, los peces y camarones excretan el amonio NH_3 , el cual en altas concentraciones es tóxico para cualquier especie acuícola. En el agua, el amonio establece un equilibrio entre la forma tóxica NH_3 y el ión no tóxico NH_4 . Este equilibrio depende de la temperatura y del pH del agua. Investigaciones recientes indican que son las bacterias heterótrofas las responsables de la mayor absorción de iones de amonio. Los heterótrofos pueden utilizar hasta el 50% del amonio total disuelto en el agua. Boyd (1999) citado por (ESPEJO, 2005) sostiene que si se hace un balance entre la materia orgánica (M.O.), el nitrógeno (N) y el fósforo (P) que le aporta a un sistema acuícola el alimento balanceado, además de la M.O. el N y el P que le llega al sistema con el ingreso de agua y con los peces ó camarones sembrados y si a esto se le restan los valores de M.O., N, y P, que sale en forma de carne y con el agua efluente, entonces se identifica que en el fondo de los estanques se queda el 80 % de la materia orgánica, el 43 % del nitrógeno y el 64 % del fósforo.

Estos datos han llevado a los nutricionistas acuícolas a valorar los residuos dejados por los peces y camarones en sus heces. Bergheim y Asgard (1996), citados por Vinatea (2004) a su vez citado por Espejo (2005), sostienen que cuando la digestibilidad está por debajo de valores del 60 %, el volumen de heces se aumenta dramáticamente hasta en 400 gramos por Kg de peso seco en el bagre de canal (catfish), pero si la digestibilidad es del 74 %, entonces el volumen de heces en el cultivo del camarón desciende a valores manejables de 200 g por Kg de peso seco. Cuando se le proporcione a las tilapias rojas (*Oreochromis sp*) en los acuarios de digestibilidad (tipo Guelph), un alimento del 29 % promedio de proteína cruda, en las heces se encontró en promedio un 8 % de la proteína ingerida.

Phillips y Beveridge (1986); Campos et al (1990) citado por (Pinochet, et al, 2001) con respecto al fósforo, elemento esencial en la dieta de los de los peces al igual que el nitrógeno aproximadamente un 30% del contenido de este elemento en el alimentado un 58% como desecho sólido y un 16% como desecho disuelto.

2.1.5 Total de sólidos disueltos. La concentración de sólidos disueltos de una muestra de agua, es una medida de la cantidad total de sustancias disueltas. Siete iones inorgánicos (calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, sulfato y cloro) usualmente componen el 95% o más del peso de los sólidos del agua. Para medir el total de sólidos disueltos, se filtra una muestra de agua para remover las partículas y se evapora el agua. El peso del residuo remanente, expresado en miligramos por litro (mg/l), es la concentración del total de sólidos disueltos (Boyd Claude, 1996).

2.2 SUELOS DEL PACIFICO.

Las condiciones climáticas extremas del Pacífico y el relieve, son los dos factores más importantes en la formación de los suelos. La humedad excesiva y la temperatura propias del bosque muy húmedo y superhúmedo tropical aceleran el proceso de alteración de los minerales primarios y causan la pérdida de la fertilidad natural del suelo, por lavado de los elementos químicos indispensables para la nutrición de las plantas. Los suelos se pueden agrupar en: suelos de planicie marina, suelos aluviales, suelos de colina y suelos de serranía. (CORPOICA, 1996) Pero solo se tratará sobre los suelos aluviales ya que este es el tipo de suelo representado en el área de estudio.

2.2.1 Suelos de las formas aluviales. La topografía plana depresional de las planicies aluviales de los ríos ha propiciado el depósito de sedimentos, minerales finos y materiales orgánicos cuyo grado de evolución es restringido por la ausencia de condiciones oxidantes durante periodos prolongados de inundación.

En las planicies aluviales hay algunos suelos más o menos bien drenados, especialmente en regiones con menor humedad que se ubican en las posiciones más altas (diques naturales y terrazas); la mayor extensión está ocupada por suelos mal drenados. En algunos basines amplios formados por los ríos más grandes del área se encuentran zonas extensas de suelos orgánicos, puros o asociados con suelos minerales.

Los suelos por estar formados por sedimentos arcillosos y limosos son pobres en fósforo y con bajos contenidos de materia orgánica; contiene turba en los primeros horizontes y permanecen inundados la mayor parte del año; se extiende en las llanuras, diques, deltas y terrazas a lo largo de los ríos y se hallan en proceso de formación. (CORPOICA, 1996)

2.3 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE MAÍZ

Según cifras del Ministerio de Agricultura, el cultivo de maíz ocupa en Colombia una extensión de 614.509 hectáreas con una producción estimada de 1.398.723 millones de

toneladas, discriminada entre maíz blanco y maíz amarillo, el primero de los cuales se dedica preferencialmente al consumo humano y el segundo al consumo animal, en forma directa o como insumo para la fabricación de alimentos balanceados. Sobre la base de la existencia de dos tipos de cultivos, el tradicional y el tecnificado, se habla de que los sembradíos en áreas menores a 5 hectáreas corresponden a explotación tradicional, de la que hace parte, aproximadamente, el 85% de la producción nacional. El sistema de siembra tecnificado se efectúa en superficies mayores a 5 hectáreas, en terrenos planos, bajo métodos mecanizados en materia de preparación de terrenos, siembra, aplicación de insumos y recolección, además del uso de semillas mejoradas¹.

2.3.1 Agroecología. Para siembras de maíz, el suelo debe ser profundo, permeable con buena disponibilidad de nutrientes, buena capacidad de retención del agua, libre de inundaciones o encharcamientos; poca pendiente porque favorece la erosión, a no ser que se apliquen prácticas de manejo y conservación del suelo adicionales y especiales (barreras vivas, cultivos en franjas, etc.) textura franca o sus combinaciones y con un pH entre 5.5 a 7.0.

La temperatura junto con la luminosidad, influyen directamente sobre el periodo vegetativo del maíz; estando la ideal entre los 24 y 26 grados centígrados (600-1200 msnm), con una temperatura mínima de 13°C y máxima de 30°C. El maíz difícilmente germina cuando la temperatura del suelo es inferior a 10°C, incluso a 13°C la germinación es lenta. Cuando el suelo alcanza temperaturas mayores de 15°C la germinación es rápida y las plántulas emergen entre los 5 y 10 días después de la siembra. En general, son convenientes las noches frescas, los días soleados y las temperaturas moderadas para lograr altos rendimientos por unidad de superficie.

El maíz requiere alta luminosidad (luz incidente) para obtener altas producciones especialmente durante el periodo de llenado de grano. Lo anterior, para el caso de los trópicos, es un factor bastante limitante lo cual implica que prácticas como la orientación de los surcos y la densidad de siembra ayudarían a maximizar la intercepción de la luz, haciendo más eficiente fotosintéticamente las plantas del cultivo. Las necesidades de agua para el maíz varían de acuerdo a los diferentes ciclos de desarrollo del cultivo. Sin embargo, el mayor consumo lo realiza en la floración, en donde un déficit de agua por uno a dos días puede reducir los rendimientos en un 22% y del 50% cuando la sequía es de 6 a 8 días durante este periodo.

La precipitación pluvial o pluviosidad debe ser superior a los 450 mm y que estén bien distribuidos durante el ciclo de desarrollo del cultivo. En términos generales el maíz requiere de 750 litros de agua por kilogramo de grano producido. De acuerdo con las investigaciones realizadas en el C. I. Turipaná, localizado en el municipio de Cereté, Córdoba se ha encontrado que 400 a 450 milímetros son los requerimientos totales de agua

¹ CONFECAMPO, Maíz [en línea]PDF/Abode Acrobat, Disponible en internet

para alcanzar rendimientos superiores a los 4 mil kilos por hectárea con los maíces comerciales ICAV- 156 e ICAV-109 ².

2.4 DEFICIENCIA DE NUTRIENTES EN EL MAÍZ.

Cuando la disponibilidad de uno o varios nutrimentos en el suelo es muy baja, se pueden presentar deficiencias nutricionales en las distintas etapas del crecimiento de las plantas en cultivo de maíz.

Se considera que una planta es deficiente en un elemento cuando su concentración en los tejidos cae por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo. Cuando un tejido es deficiente en un elemento esencial, se producen una serie de alteraciones metabólicas que pueden retrasar o incluso interrumpir los procesos de crecimiento y desarrollo. Entre los elementos esenciales más importantes para el cultivo en la costa Pacífica tenemos:

2.4.1 Los macronutrientes:

- **Nitrógeno (N).** Debido a su gran movilidad en la planta, aparece una clorosis en las hojas viejas, la cual comienza en la punta de las hojas y avanza hacia la base. En casos de extrema deficiencia todas las hojas se tornan amarillentas. (Gillet, 1984). En los suelos de la costa Pacífica es frecuente la deficiencia de este elemento.
- **Fósforo (P).** Uno de los primeros síntomas que se observan en muchas especies es una coloración verde oscura o verde azulada de las hojas. Otro síntoma muy general es la formación de pigmentos antocianicos adquiriendo las hojas una coloración púrpura. En maíz, este color púrpura aparece en los bordes de la hoja. Debido a la gran movilidad del fósforo las hojas viejas son las primeras en presentar los síntomas. Se reduce el crecimiento de la planta y en condiciones de extrema carencia las plantas presentan un aspecto achaparrado. (Gillet, 1984).
- **Potasio (K).** El síntoma general más característico de la deficiencia de potasio es la aparición de un moteado de manchas cloróticas seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y los bordes de las hojas. Debido a la movilidad de este elemento los síntomas aparecen primero en las hojas maduras, en algunas especies las hojas presentan coloración verde oscura o verde azulada confundándose con la deficiencia de fósforo. En general, una planta deficiente en potasio, presenta un aspecto achaparrado debido al acortamiento de los entrenudos. En condiciones extremas, las yemas terminales y laterales pueden morir. (Gillet, 1984).

² Pérez et al, Manejo del cultivo de Maíz [en línea] disponible en internet

- **Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).** Al igual que los otros elementos, son necesarios para que las plantas crezcan bien. Los terrenos alcalinos casi nunca carecen de calcio o magnesio, pero en los terrenos ácidos (pH más bajo de 5.5) frecuentemente se presentan deficiencias de estos elementos, por lo cual se recomienda agregar cal al suelo con lo que se mejora los niveles de Ca y Mg y se neutraliza el aluminio intercambiable (Gillet, 1984)

2.4.2 Los micronutrientes: También son esenciales para el desarrollo vegetal. La degradación del suelo afecta su reserva y su disponibilidad para la planta. Los híbridos de alto rendimiento o el monocultivo intenso elevan las demandas. La fertilización empírica descuida la aplicación de micronutrientes o hace uso indiscriminado de ellos. Los desordenes nutricionales y/o fisiológicos que involucran micronutrientes son cada vez más comunes y además afectan fuertemente el rendimiento esperado.

- **Boro (B).** La deficiencia de boro se manifiesta con franjas blancas alargadas en las hojas nuevas y aparece generalmente previo al espigamiento. En consecuencia, las espigas son pequeñas de baja polinización y mazorcas mal graneadas. La planta presenta entrenudos cortos y escaso desarrollo de raíces. (Gillet, 1984)
- **Cobre (Cu).** La deficiencia de cobre se presenta con amarillamiento de las hojas nuevas. Las puntas se tuercen y se necrosan. (Gillet, 1984).
- **Manganeso (Mn).** El más frecuente síntoma de deficiencia suele ser una clorosis intervenal, pudiendo también aparecer manchas necróticas en las hojas. Generalmente, los síntomas suelen aparecer primero en las hojas más jóvenes, aunque también, se dan casos de aparición anterior en las hojas viejas. (Gillet, 1984)

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en el municipio de Buenaventura departamento del Valle del Cauca, en un invernadero en la sede de la Universidad del Pacifico que está ubicada en la vía al aeropuerto a una altitud de 20 m.s.n.m. Geográficamente el área está localizada a 3° 50' de latitud norte y a 76° 59' de longitud oeste. El clima es cálido, con una temperatura media anual de 28°C, precipitación promedio anual de 7.800 mm y humedad relativa media anual del 87% (IGAC, 1980) iniciando la investigación en el mes de mayo de 2008.

3.2 MATERIALES.

3.2.1 Lodo de piscicultura. Procedente del Centro de Investigación y Producción Acuícola Henry Von Prahel ubicado en el corregimiento de Sabaletas, zona rural del municipio de Buenaventura. Está localizado en la vertiente occidental de la cordillera occidental y su acceso se da a través de la carretera Simón Bolívar antigua vía Cali – Buenaventura. Teniendo en cuenta que los datos climáticos registrados en las estaciones meteorológicas del sector, el territorio se encuentra bajo la clasificación bioclimática de bosque pluvial tropical y bosque muy húmedo tropical, ya que las temperaturas son superiores a 24°C, y la precipitación está entre 4000 y 8000mm anuales (CVC, 2006). El lodo se recogió del estanque R17 con un área de 500m², cultivado con tilapia roja (*Oreochromis sp.*), tipo de cultivo reproductores, número de individuos en el estanque 467 de los cuales 350 hembras y 117 machos, alimentados con mojarra 24% adicionando diariamente 2400g, pero no en forma permanente sino en ocasiones como días lluviosos y hembras ovadas; la biomasa resultante del estanque fue 163.450 g, peso promedio de cada animal 350g.

3.2.2 Suelo. Se empleó un suelo de la finca el Sinaí en el corregimiento Zacarías zona baja del río Dagua. Pertenece a una asociación Typic Dystrudepts (Martínez, 2004).

3.2.3 Semilla. Se utilizaron 100g de semilla de maíz chococito.

3.2.4 Materas. Se utilizaron materas de 4 kg con una profundidad aproximada de 20cm.

3.3 METODOLOGIA

Para la realización de este trabajo se dividió la metodología en dos fases:

3.3.1 Fase de campo:

Obtención de los materiales. Después del segundo día de vaciado del estanque se recolectaron 2 bultos de lodo húmedo aproximadamente 100 kg (**Figura 1**), luego se recolectaron 2 bultos de suelo en la finca Sinai, vereda Zacarías; ambos procedimientos se realizaron tomando submuestras en zig-zag.

Secado. Tanto el suelo como el lodo se secaron al ambiente sobre una superficie porosa y en capas muy delgadas para evitar los grumos (**Figura 2**) y luego se tomaron muestras para enviarlas al Laboratorio de Servicios Analíticos de Suelos del CIAT. Posteriormente se tamizaron en una malla de 5 mm, se mezclaron en las proporciones requeridas por los tratamientos y se depositaron en las materas.



Figura1. Estanque de piscicultura después de la cosecha se observa el lodo que queda como residuo de la Actividad Foto: M. Anchico Torres. (2008)



Figura 2. Secado de lodo sobre una superficie porosa bajo sombra Foto: M. Anchico Torres. (2008)

3.3.2 Fase de invernadero: esta fase consistió en dos experimentos:

Experimento preliminar. Con el fin de poder enfocar el trabajo en la combinación suelo-lodo más eficiente, se hizo un experimento preliminar con dos repeticiones, utilizando materas de 4Kg en el que se emplearon combinaciones suelo-lodo en todo el intervalo de porcentajes: 100-0 (únicamente suelo); 75-25; 50-50; 25-75 y 0-100 (únicamente lodo). Este experimento tuvo una duración de 3 meses (Figura 3).

Experimento final. Con la información obtenida en el experimento preliminar se estableció un experimento final utilizando como abono 5 dosis de lodo en el rango comprendido entre las combinaciones suelo-lodo 100-0 y 75-25%. Estas dosis fueron 0, 5, 10, 15 y 20% de lodo. Para cada una de las dosis se sembró maíz en materas o unidades experimentales, es decir que el experimento constó de 4 dosis de lodo y el testigo con cuatro repeticiones para un total de 20 materas (**Figura 4**). Previo a la siembra en materas, se realizó una prueba de germinación. Durante la fase vegetativa se realizó el control manual de las arvenses. A los 22 días de edad del cultivo se efectuó el raleo y se tomaron datos; los parámetros a evaluar fueron altura, número de hojas, diámetro de tallo y materia seca de las plantas.

- **Materia seca de las plantas de maíz.** Tres (3) meses después de la siembra se colectó la parte aérea de las plantas, en la cual se tomaron muestras de hojas y tallos por separados y se unificaron por dosis en bolsa de papel en cada repetición. Luego

se pesaron y se llevaron al horno durante 3 días a 60°C y se tomaron datos hasta obtener peso constante.

- **Análisis químicos.** Finalmente se tomaron muestra de suelo de cada dosis a evaluar y se enviaron al laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT, donde se hizo el análisis de suelo.



Figura 3. Experimento preliminar. De izquierda a derecha las proporciones suelo- lodo fueron (%): 100-0 (únicamente suelo); 75-25; 50-50; 25-75; 0-100 (únicamente lodo). Foto: M. Anchico Torres. (2008)



Figura 4. Experimento final. Llenado de materas. Maíz germinado. Foto: M. Anchico Torres. (2008)

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó un diseño completamente al azar en el cual para cada una de las 4 dosis de lodo y el testigo se sembró maíz en cuatro materas es decir que el experimento constó de 5 dosis con 4 repeticiones para un total de 20 materas o unidades experimentales.

Para el análisis estadístico la información se analizó en el paquete estadístico SPSS versión 16.0 bajo Windows.

Para cada una de las variables estudiadas se realizó un análisis de varianza (ANOVA), se realizara una prueba de diferencias de medias de rango múltiples de DUNCAN.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FASE DE CAMPO.

En el secado de lodo se presentaron algunas dificultades ya que este proceso duro 3 semanas y la forma para evitar que se solidificara era dejarlo ligeramente húmedo y teniéndose en cuenta los volteos para evitar los grumos

4.1.1 Análisis químico del lodo y del suelo. En la Tabla 1 se presentan las características químicas del suelo y del lodo. El suelo utilizado en la investigación se caracteriza por una reacción ácida, bajo contenido de potasio y muy bajo contenido de fósforo, aunque presenta alto contenido de materia orgánica, de calcio y de magnesio. Entre los elementos menores sobresale un nivel excesivo de Mn que unido al desbalance con el Fe y con el Zn pueden resultar tóxico en suelos ácidos especialmente si tienen mal drenaje ya que esta condición hace que se aumenten las formas asimilables del Mn. Además, un alto nivel de Mn contribuye a la fijación del poco fósforo que tiene este suelo.

Por su parte, el lodo presenta una reacción ligeramente ácida y un bajo contenido de nutrimentos excepto de fósforo cuyo nivel es relativamente alto por lo cual podría considerarse como un abono orgánico fosforado. Sin embargo, el muy alto contenido de Fe y especialmente su desbalance con el Zn y el Mn podría inducir a una toxicidad con el Fe.

4.2 FASE DE INVERNADERO

4.2.1 Experimento preliminar. Todas las semillas germinaron y emergieron cuando el suelo y el lodo se mezclaron en las siguientes proporciones; testigo (suelo 100%), S/L3:1(75% suelo y 25% lodo), S/L 1:1(50% suelo y 50% lodo), S/L 1:3(25% suelo y 75% lodo), lodo (100% lodo). Durante los tres meses que duró el experimento se pudo observar que las plantas a las que se adicionó lodo en todas las dosis tuvieron mayor altura y biomasa que las plantas sembradas en suelo solo. En cambio el número de hojas fue igual con todas las dosis (Tabla 2).

En la Figura 5 y 6 se puede observar que las plantas respondieron positivamente al incremento de la dosis de lodo hasta un 75% (relación s/l 1:3) para luego declinar levemente cuando se sembraron en lodo solo. La decisión de explorar el rango suelo: lodo; 100-0 a 75-25 se tomó con base a las siguientes consideraciones: 1) La mayor respuesta en producción de biomasa y altura de las plantas se obtuvo en este rango. 2) La utilización de un lodo de piscicultura como abono en dosis superiores al 20% sería poco práctico y posiblemente antieconómico. 3) las inadecuadas propiedades físicas del lodo (estructura, porosidad) pueden afectar negativamente al suelo si se aplica en dosis altas

Tabla 1. Análisis químico de lodo de piscicultura semiintensiva del Centro de Investigación y Producción Acuícola Henry Von Prah! y de suelo de la finca el Sinaí.

Descripción	LODO	SUELO F. Sinaí
pH (Un)	5,95	5,36
MO (g/kg)	29,1	47,85
P-Brayll (mg/kg)	30,92	4,21
K (cmol/kg)	0,19	0,12
Ca (cmol/kg)	3,33	9,83
Mg (cmol/kg)	0,18	4,43
Al (cmol/kg)	0	0,15
Na (cmol/kg)	0,02	0
CIC (cmol/kg)	7,35	19,75
S (mg/kg)	44,81	36,64
B (mg/kg)	0,22	0,3
Fe (mg/kg)	184,24	0,3
Mn (mg/kg)	6,2	128,46
Cu (mg/kg)	11,11	9,62
Zn (mg/kg)	6,32	3,53

Obtuvieron en el laboratorio a la temperatura 22 +/- 3 oC y humedad relativa 60 +/- 5 %. Los Límites de Detección del Método, LDM, están expresados en mg/l.

Tabla 2. Promedio de variables en el desarrollo de las plantas de.

DOSIS	ALTURA (cm)	PESO SECO (g)	# HOJAS
SUELO	76,6	0,9	6
S/L 3:1	119,9	4,65	6
S/L 1:1	133,25	5,75	6
S/L 1:3	140,2	8,3	6
LODO	136,25	7,6	6

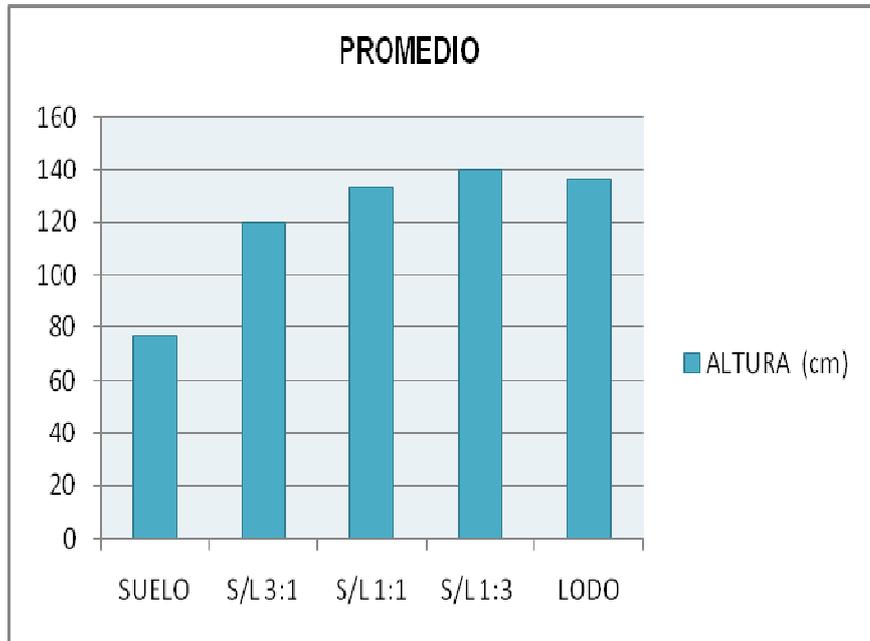


Figura 5. Altura promedio de las plantas de maíz.

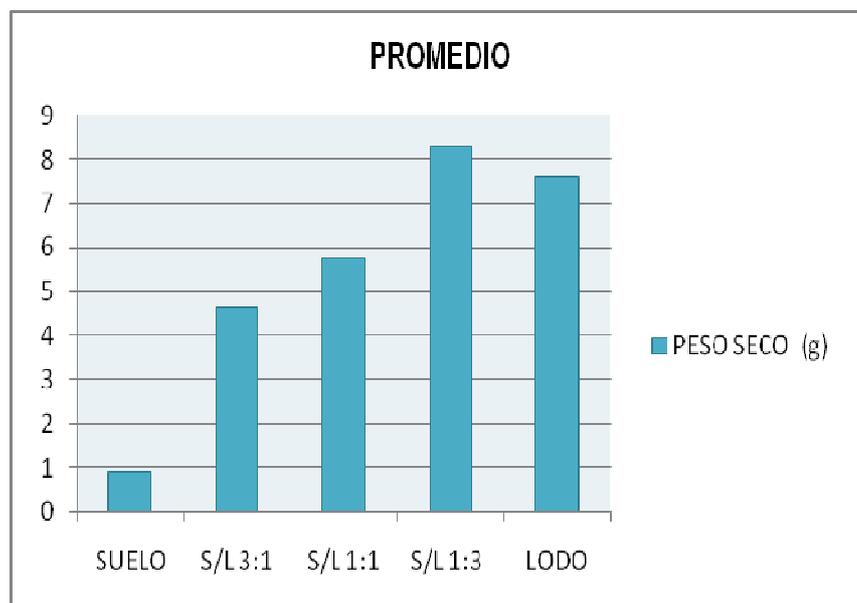


Figura 6. Peso seco promedio de las plantas de maíz.

4.2.2 Experimento final.

Cambios ocurridos en las plantas como consecuencia de la aplicación del lodo de piscicultura.

- **Altura de la planta.** La aplicación del lodo de piscicultura en dosis crecientes produjo un aumento significativo en la altura de las plantas comparando cada una de las dosis con el testigo sin lodo estableciendo diferencias significativas entre tratamientos. La mayor altura de las plantas se presentó con la dosis del 15% de lodo. Como se observa en la Figura 7. (ver Anexo 1 y 2).
- **Numero de hojas.** La producción de hojas no se vió afectada por la utilización del lodo comparando el número de hojas por planta del testigo (suelo solo) con el número de hojas producidas con la aplicación de lodo en las diferentes dosis ya que según el análisis de varianza no hay diferencias significativas entre tratamientos Figura 8.
- **Diámetro del tallo de la planta.** Las dosis crecientes del lodo de piscicultura afectaron positivamente el diámetro de los tallos del maíz, por lo cual el mayor diámetro se presentó cuando se utilizó la mayor dosis de lodo (20%) Figura 9.
- **Biomasa.** La producción de biomasa está estrechamente relacionada con variables descritas anteriormente: altura de las plantas, número de hojas producidas y diámetro de los tallos. Aunque al momento de la cosecha, las plantas no habían alcanzado un desarrollo normal sino que por el contrario, en todos los tratamientos el desarrollo fue escaso como se aprecia en la Figura 7, al medir la biomasa en términos de la materia seca producida, se observó que hubo una estrecha y positiva correlación entre la aplicación de lodo y la producción de materia seca, de tal manera que con cada una de las dosis crecientes hubo un correspondiente aumento en la producción de materia seca ocurriendo la mayor producción con la mayor dosis utilizada (20%) Figura 10.

A pesar de que la mayor altura de plantas se presentó con la dosis de 15% de lodo, la mayor producción de biomasa se presentó con 20% de lodo debido a que con esta dosis las plantas tuvieron tallos más gruesos Figuras 9.



Figura 7. Altura de las plantas al momento de la cosecha. En cada materia aparece el % de lodo utilizado.

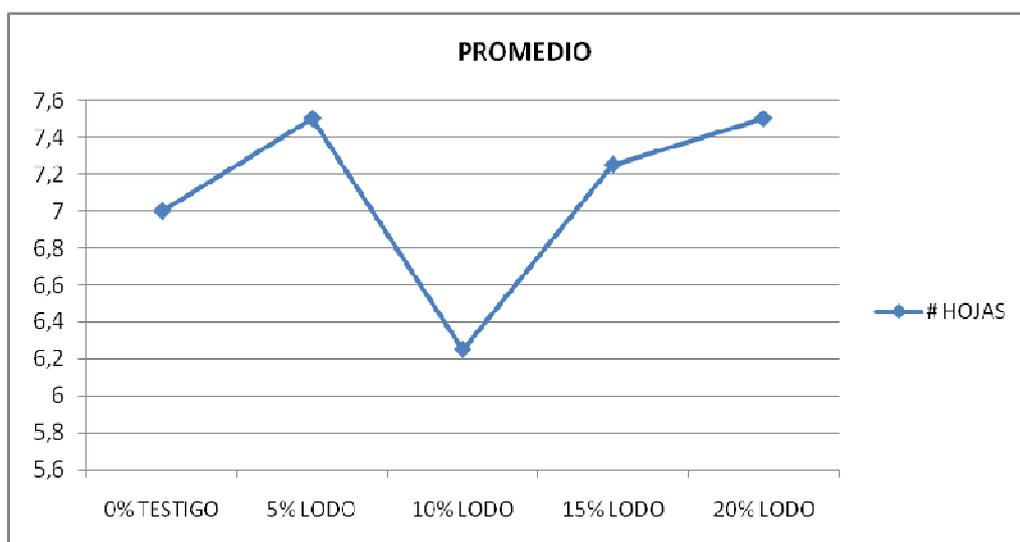


Figura 8. Número de hojas promedio de las plantas de maíz en el momento de la cosecha.

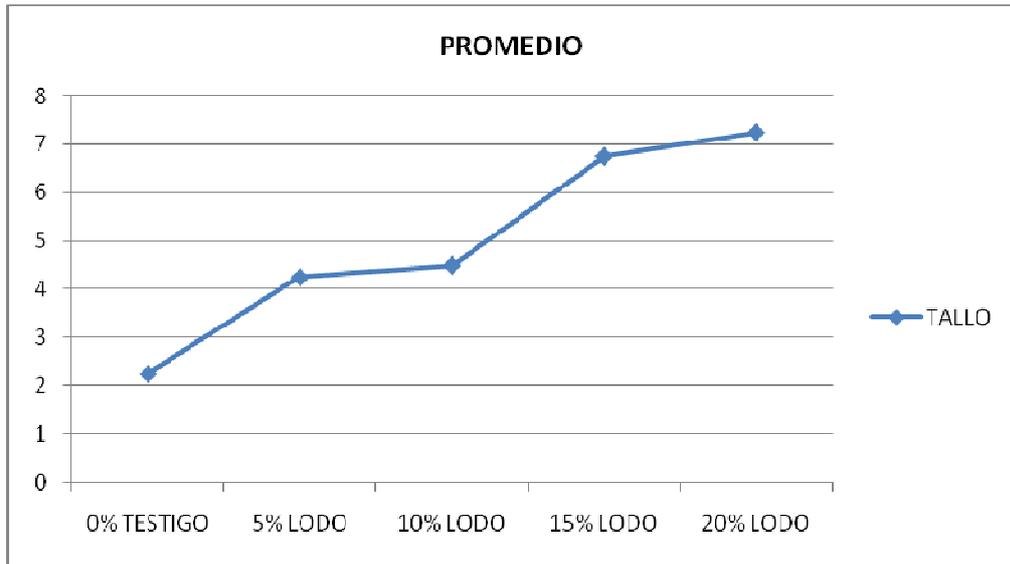


Figura 9. Diámetro del tallo promedio de las plantas de maíz en el momento de la cosecha.

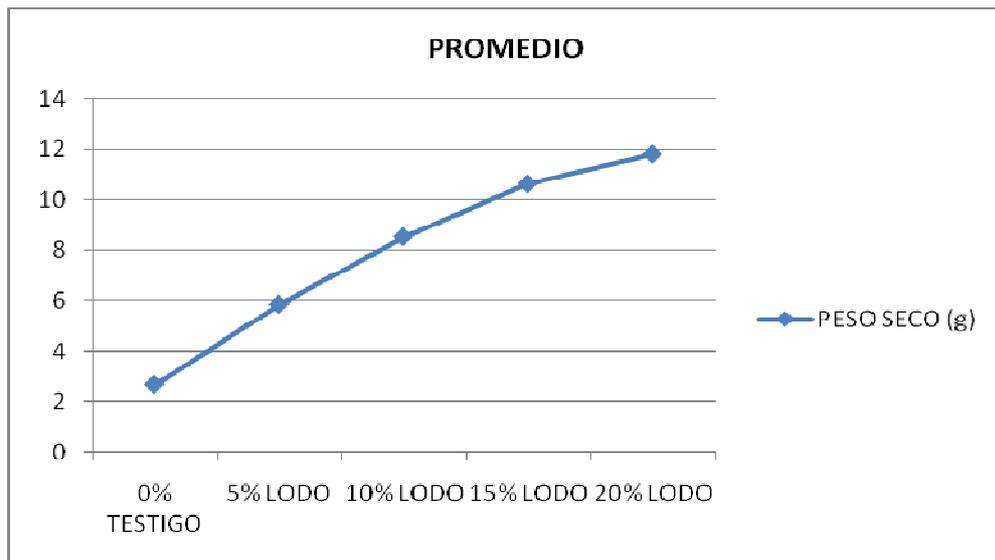


Figura 10. Peso seco (g) promedio de las plantas de maíz en el momento de la cosecha.

Cambios ocurridos en el suelo como consecuencia de la aplicación del lodo de piscicultura. El suelo utilizado en el experimento sufrió modificaciones en sus características químicas en la medida que se utilizaron como abono dosis crecientes del lodo de piscicultura de tal manera que la mezcla resultante tuvo características químicas cada vez más parecidas a las del lodo entre mayor fue la dosis utilizada. Por ejemplo, el pH

que originalmente era de 5,5, al adicionarle lodo con un pH 5,95 en dosis de 5, 10, 15 y 20% aumentó a 5,59; 5,69; 5,62 y 5,63 respectivamente.

Por su parte, la materia orgánica del suelo que originalmente era de 41,19 g/Kg al adicionarle un lodo con solamente 29.1 g/Kg de M.O. se redujo paulatinamente a 40,79; 39,47; 38,69 y 38,19 g/Kg cuando se utilizaron dosis de 5, 10, 15 y 20% respectivamente. Los demás elementos químicos incluidos en el análisis del suelo tuvieron similar comportamiento ver Tabla 3.

Tabla 3. Análisis químicos de lodo de piscicultura y de cada una de mezclas realizados después de la cosecha.

Descripción	LODO	SUELO	SUELO CON LODO			
			DOSIS 5%	DOSIS 10%	DOSIS 15%	DOSIS 20%
pH (Un)	5,95	5,50	5,59	5,69	5,62	5,63
MO (g/kg)	29,1	41,19	40,79	39,47	38,69	38,19
P-Brayll (mg/kg)	30,92	6,06	4,86	6,21	6,83	9,94
K (cmol/kg)	0,19	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
Ca (cmol/kg)	3,33	9,27	8,66	8,03	7,85	7,62
Mg (cmol/kg)	0,18	3,41	3,23	2,92	2,64	2,39
Al (cmol/kg)	0	0	0	0	0	0
Na (cmol/kg)	0,02	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05
CIC (cmol/kg)	7,35	20,10	19,20	17,10	16,30	16,00
S (mg/kg)	44,81	35,49	30,36	21,94	30,45	31,84
B (mg/kg)	0,22	0,40	0,38	0,41	0,37	0,46
Fe (mg/kg)	184,24	61,02	58,04	67,61	71,15	80,50
Mn (mg/kg)	6,2	186,27	152,08	154,69	132,08	134,31
Cu (mg/kg)	11,11	9,86	9,79	10,07	9,93	9,82
Zn (mg/kg)	6,32	3,25	3,69	3,46	3,24	7,14

5. CONCLUSIONES

Los lodos resultantes de la actividad piscícola semiintensiva presentan un bajo valor como abono orgánico debido a sus bajos contenidos de nitrógeno y bases intercambiables, aunque su contenido relativamente alto de fósforo le puede conferir valor como abono orgánico fosforado. La aplicación de estos lodos no afectó la germinación ni la emergencia de maíz ya que no se observaron efectos adversos al crecimiento de la planta al utilizar distintas dosis.

La incorporación al suelo hasta de un 20% del lodo resultante de la actividad piscícola semiintensiva permitió en las plantas de maíz aumentar el crecimiento, el diámetro de los tallos y la producción de biomasa aunque no lo suficiente como para alcanzar una producción normal.

La utilización de los estanques en los que se ha practicado piscicultura semiintensiva para la siembra de especies vegetales como el arroz podría ser una buena opción aunque habría que pensar en una fertilización con Mn, Zn y Cu.

6. RECOMENDACIONES

En vista de que los nutrimentos acumulados en un periodo de piscicultura semiintensiva no son suficientes para que el lodo resultante se pueda considerar de alto valor como abono orgánico, se recomienda hacer una evaluación similar con los lodos resultantes de la actividad piscícola intensiva, ya que esta actividad al depender fundamentalmente del suministro de alimento balanceado puede conducir a la formación de un lodo más rico en materia orgánica y nutrimentos.

7. BIBLIOGRAFÍA

BOYD, Claude. 1996. Manejo de suelo y de calidad de agua en la acuicultura de piscinas. Asociación America de soya. Alabama. 45,60p.

BOYD, Claude. 1990. Wáter qualityn ponds por aquacultore. Rluwer academic publisuers. Birmingham, Alabama. 80-98p.

CONFECAMPO. Maíz. Disponible en internet <http://www.confecampo.com/estadisticas/maiz.pdf>.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA. 2006. Formulación de Plan de Administración y Manejo de los Recursos Naturales en el Territorio Colectivo de Consejo Comunitario de Sabaleta, Bogotá y la loma. Buenaventura.

CASTELLAR, Nelson. 1974. Guía para el curso de cultivos I. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuaria. Palmira. 5-11p.

ESPEJO, C. 2005. La disgestibilidad de nutrientes y la sostenibilidad acuícola. Disponible en internet www.carlosespejo.com.co/articulo/digestibilidad_de_nutrientes. 4-6p.

FAO. 1998. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. FAO, Roma, Italia. 112p.

GILLET, Michel. 1984. Las gramíneas forrajeras, descripción, funcionamiento y aplicaciones. Acribia. España. 128- 130p.

GUPTA, et al. 1998. Integrating aquaculture with ricefarming in Bangladesh; feasibility and economicviability, its aoption and impact. ICIARM Tech. Rep. Ssp.

HEPHER, Balfour. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Editorial Limusa.Israel . 406 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA, 1998. Boletín estadístico pesquero y acuícola. Bogotá, Colombia. 35 p.

MARTINEZ, R y RUBIO, P. 2004. Capitulo III descripción de los suelos en levantamiento de suelo y zonificación de tierras del departamento del Valle del Cauca. IGAC. Bogota. 95-305 p.

NIETO, et al.2007. Lodos y sustentabilidad.www.sustainable.salmon.chile. 4,5p.

PARDO, et al. 2006. Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. Revista MVZ Córdoba. Vol.11. Neumar. Brasil. 20-26p.

PEREZ, et al. Manejo del Cultivo de Maiz. Disponible en internet. http://www.turipana.org.con/mane_maiz.htm.

PINOCHET, D. et al. 2001. Potencialidad como abono orgánico de los desechos sólidos subproductos del cultivo de especies salmonideas. Agro Sur. Volumen 29(1). 78-82p.

REYES, Pedro. 1990. Diseño de experimentos aplicados a la agronomía. Editorial Trillas. Mexico. 320p.

RODRIGUEZ, et al. 2001. Fundamentos de acuicultura continental. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA. Bogotá. Colombia. 11-12p.

SALAZAR, Gustavo.1999.Situacion de la acuicultura rural de pequeña escala en Colombia, importancia, perspectivas y estrategias para su desarrollo. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Colombia. 10,11p.

8. ANEXOS

Anexo1. Análisis de varianza de la altura de la planta de maíz.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7173.200	4	1793.300	7.744	.001
Intra-grupos	3473.750	15	231.583		
Total	10646.950	19			

Anexo 2. Prueba de Análisis de varianza de la altura de las plantas de maíz.

Comparaciones múltiples entre las dosis

(I) dosis lodo	(J) dosis lodo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Testigo	Dosis 5%	-39.250*	10.761	.002	-62.19	-16.31
	Dosis 10%	-32.750*	10.761	.008	-55.69	-9.81
	Dosis 15%	-57.250*	10.761	.000	-80.19	-34.31
	dosis 20%	-42.250*	10.761	.001	-65.19	-19.31
Dosis 5%	Testigo	39.250*	10.761	.002	16.31	62.19
	Dosis 10%	6.500	10.761	.555	-16.44	29.44
	Dosis 15%	-18.000	10.761	.115	-40.94	4.94
	dosis 20%	-3.000	10.761	.784	-25.94	19.94
Dosis 10%	Testigo	32.750*	10.761	.008	9.81	55.69
	Dosis 5%	-6.500	10.761	.555	-29.44	16.44
	Dosis 15%	-24.500*	10.761	.038	-47.44	-1.56
	dosis 20%	-9.500	10.761	.391	-32.44	13.44
Dosis 15%	Testigo	57.250*	10.761	.000	34.31	80.19
	Dosis 5%	18.000	10.761	.115	-4.94	40.94
	Dosis 10%	24.500*	10.761	.038	1.56	47.44
	dosis 20%	15.000	10.761	.184	-7.94	37.94
dosis 20%	Testigo	42.250*	10.761	.001	19.31	65.19
	Dosis 5%	3.000	10.761	.784	-19.94	25.94
	Dosis 10%	9.500	10.761	.391	-13.44	32.44
	Dosis 15%	-15.000	10.761	.184	-37.94	7.94

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo3. Análisis de varianza del diámetro del tallo de la planta de *Zea mays*.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	66.000	4	16.500	61.875	.000
Intra-grupos	4.000	15	.267		
Total	70.000	19			

Anexo 4. Prueba análisis de varianza del diámetro del tallo de la planta de maíz.

Comparaciones múltiples

(I) dosis lodo	(J) dosis lodo	Diferencia de medias		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
		(I-J)	Error típico		Límite inferior	Límite superior
Testigo	Dosis 5%	-2.000*	.365	.000	-2.78	-1.22
	Dosis 10%	-2.250*	.365	.000	-3.03	-1.47
	Dosis 15%	-4.500*	.365	.000	-5.28	-3.72
	dosis 20%	-5.000*	.365	.000	-5.78	-4.22
Dosis 5%	Testigo	2.000*	.365	.000	1.22	2.78
	Dosis 10%	-.250	.365	.504	-1.03	.53
	Dosis 15%	-2.500*	.365	.000	-3.28	-1.72
	dosis 20%	-3.000*	.365	.000	-3.78	-2.22
Dosis 10%	Testigo	2.250*	.365	.000	1.47	3.03
	Dosis 5%	.250	.365	.504	-.53	1.03
	Dosis 15%	-2.250*	.365	.000	-3.03	-1.47
	dosis 20%	-2.750*	.365	.000	-3.53	-1.97
Dosis 15%	Testigo	4.500*	.365	.000	3.72	5.28
	Dosis 5%	2.500*	.365	.000	1.72	3.28
	Dosis 10%	2.250*	.365	.000	1.47	3.03
	dosis 20%	-.500	.365	.191	-1.28	.28
dosis 20%	Testigo	5.000*	.365	.000	4.22	5.78
	Dosis 5%	3.000*	.365	.000	2.22	3.78
	Dosis 10%	2.750*	.365	.000	1.97	3.53
	Dosis 15%	.500	.365	.191	-.28	1.28

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5. Análisis de varianza del número de hojas de la planta de maíz.

Número hojas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	4.300	4	1.075	1.194	.353
Intra-grupos	13.500	15	.900		
Total	17.800	19			