



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**

***“EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TILAPIAS
(Oreochromis niloticus) UTILIZANDO CUATRO TIPOS DE FERTILIZANTES
ORGANICOS”***

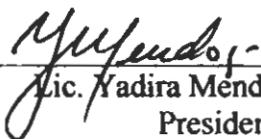
**POR: Lester Javier Treminio Rivas
Ricardo Alfredo Thompson García**

ASESORA: Ing. Tania Beteta Herrera MSc.

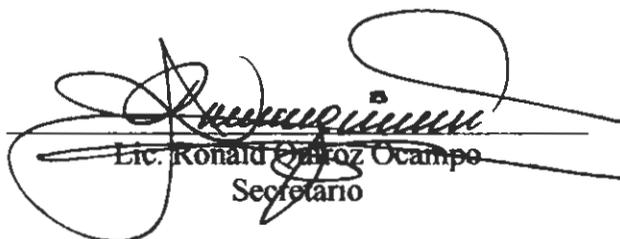
Managua, Nicaragua, Septiembre del 2000

Este trabajo de diploma ha sido aceptado y aprobado en su presente forma, por el Consejo de Investigación y Desarrollo (CID) de la facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria, como requisito para optar al grado de :

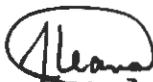
INGENIERO AGRÓNOMO



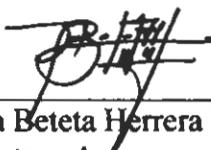
Lic. Yadira Méndez Villalta
Presidente



Lic. Ronald Ochoa Ocampo
Secretario



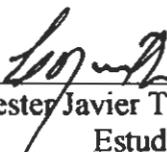
Lic. Ileana Arróliga Gómez
Vocal



Ing. Tania Beteta Herrera MSc.
Tutora-Asesora



Ricardo Alfredo Thompson García
Estudiante



Lester Javier Treminio Rivas
Estudiante

CARTA DEL TUTOR

El presente trabajo titulado "*Evaluación del comportamiento productivo de tilapias (*Oreochromis niloticus*) utilizando cuatro tipos de fertilizantes orgánicos*", financiado por la International Foundation for Science y desarrollado por los bachilleres **Lester Javier Treminio Rivas** y **Ricardo Alfredo Thompson García**, es un tema novedoso en nuestro país, que reviste de mucha importancia dado que tradicionalmente el cultivo de tilapias en Nicaragua se realiza a base de concentrados, los que normalmente se importan de otros países Centroamericanos, aumentando así los costos de producción de los productores de este importante rubro económico; el tema que los bachilleres han desarrollado está relacionado también con el problema de contaminación ambiental que se viene atribuyendo a la producción animal en especial a la producción de cerdos. El mismo se desarrolla dentro del marco de presentar alternativas de producción, en la que se puedan integrar los sistemas de producción animal de forma armónica con el medio ambiente, se utilizan productos orgánicos provenientes de un sistema de reciclaje de bajo costo y fácil manejo como son los biodigestores plásticos de polietileno.

Los bachilleres **Treminio** y **Thompson**, durante todas las etapas de la investigación mostraron un alto grado de responsabilidad, creatividad, destreza, disciplina e independencia, presentando al final un documento que además de contar con un alto rigor científico será de mucha utilidad para los productores de tilapias y otros sectores interesados.

Considerando que el documento cumple con las normativas establecidas por la Facultad de Ciencia Animal, el mismo puede ser sometido al tribunal examinador que la Facultad considere conveniente.



Ing. Tania Beteta Henjara MSc.
TUTORA-ASESORA

DEDICATORIA

A Dios, me ha dado la fuerza,
Sabiduría y paciencia para realizar
este trabajo.

En especial a mi madre Reyna Isabel Rivas Martínez,
por su confianza en mi y por ser la persona,
que me ha instruido con sus consejos por el
camino del bien.

A mi padre Modesto Treminio Obando, por ser
mi ejemplo de horas, esfuerzo y trabajo

A mi hijo Lester Javier Treminio Gutiérrez, por
ser mi inspiración para luchar y seguir adelante

A mi hermano Roberto Carlos Treminio Rivas,
por su apoyo.

A mi tía Elvira Rivas Martínez, por ser
muy especial y el apoyo que me brindo durante
mi etapa de estudio.

Lester Javier Treminio Rivas

DEDICATORIA

A Dios padre todopoderoso, por darme la fuerza
y la sabiduría para terminar este trabajo.

En especial a mi familia:

Mi madre Genoveva García Gutiérrez
Mi padrasto Marcelo Vargas Pérez
Mi hermana Jane Thompson García
Mis hijos Waleska y Joseph Thompson Barberena
Mi esposa Sandra Barberena Zelaya
Mis tías: Alice, Jane, Ethelda y Loti Thompson Morales

Por todo el apoyo que me han brindado en todo los sentidos,

Ricardo Alfredo Thompson García

AGRADECIMIENTO

Nuestro mas sincero agradecimiento a nuestras familias por su paciencia y brindarnos su apoyo moral y económico para la culminación de este trabajo.

En especial a nuestra tutora Ing. Tania Beteta Herrera MSc. y su esposo Ing. Adolfo González MSc., por su valioso apoyo incondicional a lo largo de este trabajo de investigación.

Agradecemos también al personal del CENIDA a:

Kathy
Mireya
Gabriel
Graciela

INDICE

CONTENIDO	Pag.
Lista de tablas	vii
Lista de gráficos	viii
Resumen	ix
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Hipótesis	3
IV. Revisión de literatura	4
4.1. Descripción General de las Tilapias –	4
4.2. Descripción Taxonómica –	5
4.3. Especies de Tilapias más importantes –	5
4.4. Hábitos alimenticios de las Tilapias	6
4.5. Hábitos reproductivos de la Tilapias	6
4.6. Hábitat y requerimientos ecológicos de la Tilapias	8
4.7. Calidad de agua para el cultivo de Tilapias	8
4.8. Factores que afectan el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos en cultivos.	11
4.9. Fertilización de los estanques en cultivos de Tilapias	11
4.10. Fertilización orgánica y el cultivo de Tilapia	13
4.10.1. Ventajas de los fertilizantes orgánicos	13
4.10.2 Desventajas de los fertilizantes orgánicos	15
4.10.3 Principios de una buena fertilización orgánica	16
4.10.4 Factores que influyen en la acción del fertilizante orgánico	16
4.11. La Contaminación	18
4.12. Los residuos ganaderos como problema ambiental	18
4.13. Excretas animales como fertilizantes de estanques	23
4.14. Consideraciones ecológicas del uso de las excretas animales para cultivo de Tilapias	26
4.15. Características generales de las principales excretas	27
4.16. Sistemas de fertilización orgánica de los estanques	29
4.17. Control de aplicación de fertilizantes	32
4.18. Sistemas de Integración cerdos-peces	33

V. Materiales y métodos	35
5.1. Ubicación y Descripción Geográfica	35
5.2. Clima	35
5.3. Equipos y Materiales	36
5.4. Descripción del Experimento	37
5.5. Manejo del Experimento	37
5.6. Descripción de Tratamientos	38
5.7. Descripción de Variables	39
5.8. Diseño experimental	41
5.9. Análisis económico	41
VI. Resultados y discusión	42
6.1 Peso	42
6.2 Talla	44
6.3 Ganancia Media Diaria (GMD)	45
6.4 Relación entre variables Talla y Peso	46
6.5 Calidad del agua	47
6.5.1 Oxígeno Disuelto (OD)	47
6.5.2 Temperatura	48
6.5.3 pH	50
6. 6. Análisis económico	51
VII. Conclusiones	54
VIII. Recomendaciones	55
IX. Bibliografía	56
X. Anexos	63

LISTA DE TABLAS

TABLAS	Pag.
Tabla 1. Promedio diarios y acumulados de ganancias de peso por muestreo	46
Tabla 2. Análisis de presupuestos parciales para los cuatro tratamientos analizados	52

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO	Pag.
Gráfico 1. Comportamiento del peso de las tilapias por tratamiento y semanas evaluadas	43
Gráfico 2. Comportamiento de la talla de las Tilapias por tratamiento y semanas evaluadas	44
Gráfico3. Relación variable talla/peso de las tilapias	47
Gráfico 4. Valores promedios de oxígeno disuelto por tratamientos para los muestreos	48
Gráfico 5. Valores promedios de Temperaturas por tratamientos por muestreo	49
Gráfico 6. Valores promedios de pH para los tratamientos por muestreo	50

Treminio R. L. J., Thompson G. R. A. 2000. Evaluación del comportamiento productivo de tilapias (*Oreochromis niloticus*) utilizando cuatro tipos de fertilizantes orgánicos. Universidad Nacional Agraria. pp 76

Palabras claves: *Tilapias, efluentes, estiércol fresco, concentrado, desperdicios de cocina, peso, talla, oxígeno disuelto, pH, temperatura, utilidades.*

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló dentro del marco del proyecto UNA-IFS, financiado por la International Foundation for Science. Este tuvo como objetivo general: Evaluar cuatro tipos de fertilizantes orgánicos provenientes de cerdos alimentados con concentrado y desperdicios de cocina en la producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), contribuyendo a reducir la contaminación ambiental y los siguientes objetivos específicos: 1. Evaluar el comportamiento de la ganancia media diaria (G.M.D), peso vivo y talla de las Tilapias producidas en estanques fertilizados con cuatro tipos de fertilizante orgánico. 2. Determinar la relación entre las variables talla y peso, de acuerdo a los cuatro tipos de fertilizante. 3. Evaluar los parámetros de calidad del agua (OD, pH, T°) en función de los cuatro tipos de fertilizante orgánico. 4. Evaluar económicamente los cuatro tipos de fertilizantes utilizados en la producción de Tilapia. El experimento se llevó a cabo en la hacienda "Las Mercedes" de la Universidad Nacional Agraria. Se utilizaron cuatro estanques de cemento ya establecidos (4.75x3.55x0.90 m). En cada uno se sembraron 25 tilapias macho (dos peces/m³), representando 2 tilapias una unidad experimental. El recambio de agua se dio de forma natural. Se midió diariamente T°, pH, OD. Los muestreos se realizaron cada 14 días. Los tratamientos evaluados fueron: T1= Efluente de biodigestores que procesaron estiércol de cerdos alimentados con concentrado; T2= Estiércol fresco de cerdos alimentados con concentrado; T3= Efluente de biodigestores que procesaron estiércol de cerdos alimentados con desperdicios de cocina; T4= Estiércol fresco de cerdos alimentados con desperdicios de cocina. Las variables evaluadas fueron: peso, talla G.M.D., Calidad del agua (OD, T°, pH). El ensayo se montó y se analizó como un D.C.A. en arreglo bifactorial donde: Factor A= Periodo o muestreo (cada 14 días) y Factor B: Tipo de Fertilizante. Los cuatro tratamientos orgánicos evaluados constituyen potenciales fertilizantes para el cultivo de tilapia por su buen comportamiento productivo y económico. Para todas las variables analizadas (peso, talla, GMD) el tratamiento que mejor comportamiento presentó fue el T₂, seguido del T₄. Asimismo el peso y la talla fueron aumentando conforme el tiempo de muestreo. El peso de las tilapias utilizadas en el ensayo se vio afectado en un 91 % por el comportamiento de la talla. Todos los parámetros de calidad del agua (O.D, pH y T°), estuvieron dentro de los parámetros recomendados para la producción de tilapias. Económicamente considerando el proceso de los tratamientos, tanto el que procedió de animales alimentados con concentrados como el que procedió de desperdicios de cocina, reportó mayores utilidades aplicar el estiércol fresco directamente a los estanques, que al procesarlo por biodigestión. Considerando el origen de los tratamientos, tanto utilizando los efluentes como estiércol fresco, el productor obtiene más utilidades cuando provienen de cerdos alimentados con desperdicios de cocina.

I. INTRODUCCION

La Acuicultura en la actualidad es una fuente importante de producción de alimentos para satisfacer la creciente demanda mundial de proteína.

Ante el desafío de producir suficiente alimento para la creciente población humana, que incluye en este momento más de 4.9 millones de habitantes en Nicaragua. Es importante resaltar que de estos, un alto porcentaje no recibe una adecuada alimentación y por otro lado, desde el punto de vista productivo existe una imperiosa necesidad de conservar el medio ambiente y la biodiversidad.

La producción animal debe inclinarse cada vez más hacia sistemas de alimentación que no compitan directa o indirectamente con la alimentación humana. La matanza de los animales domésticos, el procesamiento de los productos pesqueros y acuícolas, y la alimentación humana cotidiana generan una serie de residuos de alto valor nutritivo potencial entre las variadas alternativas para su aprovechamiento, su utilización como alimento animal generalmente representa una de las mejores opciones desde el punto de vista económico y de eficiencia biológica.

El aprovechamiento alternativo de estos residuos evita la contaminación del medio ambiente, ocasionada al desechar los mismos en los cuerpos de agua y en el suelo.

Estos residuos tienen la ventaja de encontrarse disponibles todo el año y su recolección y manejo son relativamente fáciles.

Es importante por lo tanto realizar estudios que permitan evaluar el beneficio que pueden obtener de los mismos, los productores y el medio ambiente.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- ◆ Evaluar cuatro tipos de fertilizante orgánico provenientes de cerdos alimentados con concentrado y desperdicios de cocina en la producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), contribuyendo a reducir la contaminación ambiental.

2.2. Objetivos Específicos

- ◆ Evaluar el comportamiento de la ganancia media diaria (G.M.D), peso vivo y talla de las Tilapias producidas en estanques fertilizados con cuatro fertilizantes orgánicos.
- ◆ Determinar la relación entre las variables talla y peso, de acuerdo a los cuatro tipos de fertilizante.
- ◆ Evaluar los parámetros de calidad del agua (OD, pH, T°) en función de los cuatro tipos de fertilizante orgánico.
- ◆ Evaluar económicamente los cuatro tipos de fertilizante utilizados en la producción de Tilapia.

III. HIPOTESIS

El efluente de los biodigestores como medio de fertilización de los estanques de Tilapia puede mejorar el comportamiento productivo de las mismas comparándolas con la fertilización de estiércol fresco, a la vez que permite disminuir la contaminación ambiental.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Descripción General de las Tilapias

Las Tilapias pertenecen a la familia Cichilidae compuesta por 700 especies, se caracterizan por presentar peces de coloración muy atractiva, principalmente nativos del Continente Africano, América Central y la parte tropical de Sudamérica (Morales, 1991).

Los ciclidos se diferencian de la gran mayoría de los peces dulceacuícolas por la presencia de un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo, es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho es invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual) (Morales, 1991).

La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Pueden o no presentar un puente carnosos (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media, debajo del labio. Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquiostegos y número variable de branquispinas, según las diferentes especies. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta siempre, y consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, que en los machos suelen estar fuertemente pigmentados. La aleta caudal está redondeada, trunca o más raramente escotada, según la especie (Morales, 1991).

La línea lateral, en los ciclidos, está ininterrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que la porción inferior, parecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de aleta caudal (Morales, 1991).

4.2. Descripción Taxonómica

Phylum	:	Vertebrata
Subphylum	:	Craneata
Superclase	:	Gnathosotomata
Serie	:	Pisces
Clase	:	Teleostei
Subclase	:	Actinopterygii
Orden	:	Perciformes
Suborden	:	Percoidei
Familia	:	Cichilidae
Géneros	:	Tilapia Sarotherodon Oreochromis
Nombre común	:	Tilapia, Mojarra, Mojarra Africana

(Medepesca, 1995)

4.3. Especies de Tilapias más importantes

Las especies de tilapias de mayor importancia en América Tropical, todas del género *Oreochromis* son tres y se distinguen las siguientes *O. mossambicus*; *O. niloticos*, *O. Aureus*. (Hughes,1997, citado por revista Productores, 1997).

Para fines de estudios se ha seleccionada a la especie Tilapia *Oreochromis niloticus* por ser resistente a enfermedades y parásitos, facilidad de crianza, rápido crecimiento y alta calidad de carne, alta fecundidad, maduración temprana, aceptación de alimento artificial, reproducción en cautiverio (Tercero y Trujillo, 1993).

En la mayoría de las tilapias, los machos tienen mayor capacidad de crecimiento que las hembras, aun cuando no se crían por separado. Este hecho se atribuye a características o causas genéticas. Sin embargo, el tamaño de las hembras también puede estar relacionado con el desove. Las hembras continúan con el desove a intervalos frecuentes aunque los huevos no sean fecundados. Así la energía es desviada del crecimiento a la producción de huevos. Cuando los huevos son fecundados y se desarrollan, las hembras no comen durante la incubación bucal ni durante el período de crianza, lo cual es un considerable gasto de las reservas del cuerpo (Hepher y Pruginin, 1981).

4.4. Hábitos alimenticios de las Tilapias

Todas las tilapias son más o menos herbívoras, pero algunas prefieren plantas más altas mientras que otras se adaptan a la alimentación con plancton.

Algunas tilapias son relativamente omnívoras y pueden alimentarse completamente con vegetales y en algunos casos aceptan alimento animal, si no hay nada más disponible; otras sólo son herbívoras. Algunas se alimentan de macrófitos y son lo suficientemente voraces como para funcionar bien como controladores biológicos de algas marinas, mientras que otras son inútiles para esto (Bardach *et al*, 1990)

En cultivo, aceptan alimentos artificiales como harinas y granos (Morales, 1991).

La especie nilótica presenta tendencia hacia el consumo de zooplancton (micro crustáceos rotíferos, moluscos, etc) y aceptación de alimentos artificiales (Medepesca, 1995).

4.5. Hábitos reproductivos de la Tilapias

Los hábitos reproductivos y la organización social de las tilapias tienen grandes implicaciones en su cultivo precisamente por el problema que representa su prolífica reproducción (Medepesca, 1995).

El macho es polígamo. Excava con la boca un nido una depresión en el fondo del estanque donde hay menos de un metro de profundidad de agua y corteja a la hembra durante varias horas o días hasta formar pareja (Hughes, 1997. Citado por revista productores, 1997).

En el caso de la especie que incuban a sus crías en la boca (*Oreochromis*), los machos permanecen en el área de nidación, delimitando y protegiendo su territorio. Estos despliegan vistosas coloraciones para atraer a algunas de las hembras que visitan con frecuencia el área de nidación.

Finalmente la hembra deposita los huevecillos en el fondo del nido y una vez que estos han sido fertilizados por el macho, la hembra recoge los huevecillos en su boca, la hembra repite esta operación en el mismo nido o en otros hasta completar varios cientos de huevecillos. Finalmente se desplaza a algún sitio protegido, donde permanece quieta durante la incubación de los huevos. Al nacer las larvas continúan en la boca de la madre. Al absorber el saco vitelino, los pececillos empiezan a salir de la boca, alejándose cada vez más y regresando a ella en búsqueda de protección. Cuando finalmente han alcanzado una talla de 10 mm, se alejan definitivamente, pero continúa agrupados en busca de alimento y protección, principalmente cerca de las orillas (Medepesca, 1995).

Los juveniles de tilapias maduran entre los 2-3 meses, tiempo para el cual tienen de 6 - 10 cm de largo. De ahí en adelante se reproducen cada 3-6 semanas mientras el agua este caliente. Cuando la temperatura del agua se acerca al límite inferior de tolerancia para la especie *Oreochromis* en particular de 20 - 30° C, la actividad reproductora se suspende (Bardach *et al*, 1990).

4.6. Hábitat y requerimientos ecológicos de la Tilapia

Dentro de sus áreas originales de distribución, las tilapias han colonizado hábitats muy diversos, arroyos permanentes y temporales, ríos anchos y profundos o con rápidos, lagos profundos, lagos pantanosos, lagunas dulces, salobres o saladas, alcalinas, estuarios y lagunas costeras e incluso hábitats marinos.

Todos estos hábitats representan un extraordinario rango de variaciones de distintos parámetros físicos, químicos y biológicos. Las distintas especies de tilapia se han ajustado a ambiente y nichos específicos, tolerando rangos más o menos definidos (Medepesca, 1995).

4.7. Calidad de agua para el cultivo de Tilapias

El manejo de la calidad del agua es un aspecto fundamental en los sistemas de acuicultura, sobre todo en aquellos donde se utilizan entradas extras de energía, como es el caso de la fertilización y la aplicación de alimentos balanceados (Margalef, 1983).

En cualquier tipo de estanque explotado con fines piscícolas, es obligatorio realizar diariamente el control de la calidad de agua, guiándose por los siguientes parámetros: Temperatura, contenido oxígeno, transparencia y color (Díaz y Vásquez, 1989).

En caso de observar los valores de los parámetros hidroquímicos desviados de las normas establecidas es necesario tomar las muestras dos veces al día por la mañana y la tarde.

Muestras de los valores máximos, mínimos y óptimos de los principales parámetros hidroquímicos, las características de estos y las recomendaciones de las medidas que se aplican para evitar o mejorar las situaciones de gravedad en los estanques son los siguientes (Díaz y Vásquez, 1989).

Parámetros	Optimo	Minimo	Máximo	Recomendaciones y Medidas
Temperatura	24°C	11°-12°C	30° C	En el caso de observar una diferencia de 2°C entre la superficie y el fondo aplicar circulación de agua.
Contenido de oxígeno mg/L	5-9	3	10	<p>Junto a la disminución del oxígeno se detiene el crecimiento de los peces, no consumen alimento y pueden Morir.</p> <p>Medidas: No suministrar alimento, circular abundante agua y colocar aireación.</p> <p>Alto contenido de oxígeno indica la ausencia de la interacción de las capas superiores e inferiores del agua.</p> <p>Medidas: Reponer el agua del estanque, colocar aireación, eliminar macrofitos existentes en el agua.</p>
pH	6,5-8,6	6	11	<p>El valor bajo de pH indica acidez del medio acuático, acumulación de las sales disueltas y carencia de calcio.</p> <p>Medidas: Introducción de cal.</p> <p>El pH alto disminuye la base alimentaria natural, provoca la quemadura de las branquias y la piel de los peces.</p> <p>Medidas: Circular y reponer el agua del estanque.</p>
Transparencia (Fracción de la profundidad del estanque)	1/2	1/3	2/3	<p>El valor mínimo indica el desarrollo abundante de algas esta situación puede conducir a la toxicosis y la mortalidad de los peces.</p> <p>Medidas: Reducir la cantidad de alimento suministrado, circulación de agua, aireación.</p>
DBO (1mg O ₂ / lt)	1.0-6.0		8.0	<p>Con valores altos se observa el déficit de oxígeno y la contaminación con los productos de la descontaminación anaeróbica.</p> <p>En este ambiente los peces detienen el crecimiento.</p> <p>Medidas: Circulación de agua, aireación.</p>

Otro aspecto relevante en la calidad del agua es el referido al control de la base alimentaria natural de los estanques.

La transparencia del agua es un indicador del desarrollo del fitoplacton cuando el valor de la transparencia es de : la mitad de la profundidad media del estanque la biomasa del fitoplacton corresponde aproximadamente a 20-30 mg/lit lo que asegura una alimentación normal y el crecimiento de los peces; menos de 1/3 de la profundidad media, el desarrollo del fitoplacton es abundante.

Se observa el florecimiento de algas lo que perjudica el régimen de hidroquímicos, más de 2/3 de las profundidades medias, el desarrollo del fitoplacton es mínimo o cero lo que indica la pobreza del alimento natural para los peces (Díaz, 1989).

El color del agua también caracteriza el desarrollo del fitoplacton de tal forma que:

- ◆ Color Verde: Indica la cantidad suficiente de los elementos biogénicos para el desarrollo normal de los organismos alimenticios.
- ◆ Color gris verdoso : Junto a la transparencia baja, indica la acumulación de la materia orgánica y débil desarrollo del fitoplacton. En este caso es necesario analizar la concentración de oxígeno disuelto. Si el valor de este parámetro es bajo hay que introducir los fertilizantes inorgánicos. Si el valor es alto, hay que eliminar la materia orgánica, sedimentándola mediante encalamiento del estanque, al menos dos veces.
- ◆ Color amarillo verdoso (valor mas alto de lo normal): Junto a la transparencia alta indica déficit de los elementos biogénicos y débil desarrollo del fitoplacton. En este caso se introducen abonos minerales y orgánicos.

4.8. Factores que afectan el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos en cultivos.

Existe un intervalo adecuado de factores físico químicos y biológicos que son necesarias para garantizar el éxito en el cultivo de organismos, dentro de estos los más importantes son:

- ◆ Disponibilidad de alimento natural o artificial
- ◆ Temperatura
- ◆ Salinidad
- ◆ Oxígeno disuelto
- ◆ Hidrogeniones (H^+)
- ◆ Dióxido de carbono (CO_2)
- ◆ Amoníaco tóxico (NH_3)
- ◆ Acido sulfhídrico (H_2S)
- ◆ Nitritos (NO_2)

Según Saavedra *et al* (1996), los factores que intervienen en el crecimiento de los organismos acuáticos son la cantidad y calidad del agua, ya que es el vehículo en que se llevan a cabo los procesos fotosintéticos de las algas, las que generan el oxígeno necesario. Asimismo en el agua se efectúa la diseminación de los nutrientes que alimentan a los organismos en desarrollo.

4.9 Fertilización de los estanques en cultivo de Tilapias

El proceso de enriquecimiento de las aguas con nutrientes que incrementan la producción de alimento natural es conocida con el nombre de fertilización.

Básicamente, pueden reconocerse dos tipos de fertilizantes que son utilizados en la acuicultura: los orgánicos y los químicos o minerales. Los primeros están compuestos de desechos animales o vegetales, como son las excretas de animales de granja (gallinaza,

borregaza, cerdaza, etcétera), esquilmos o desechos agrícolas y macrófitas acuáticas. El fertilizante orgánico a su vez puede ser aplicado de manera directa en forma fresca o seca, o bien fermentado como bioabono líquido o en forma de composta.

En estanques fertilizados con abonos químicos u orgánicos se establecen dos mecanismos simultáneos que operan de manera sinérgica y que son llamadas cadenas tróficas o alimenticias; el primero depende de la luz solar o energía radiante y se le da el nombre de “**HETEROTRÓFICO**”, también llamado cadena alimenticia de detritos.

La cadena autotrófica sintetiza la materia orgánica y permite la fijación de la energía solar por las plantas verdes durante la fotosíntesis, con la producción de nueva materia orgánica, CO₂ y agua y su subsecuente consumo por los animales, por lo que recibe el nombre de cadena de pastoreo. Aunque las plantas verdes y en especial el fitoplacton son los principales productores primarios que operan en el estanque, ciertas bacterias anaeróbicas y ciano-bacterias no fotosintéticas son capaces de producir materia orgánica del carbón inorgánico, usando la energía derivada de la oxidación celular de sustratos inorgánicos tales como azufre, nitrógeno, hidrógeno y otros compuestos químicos, razón por la cual son conocidas como autótrofas quimiosintéticas.

Los organismos heterotróficos se nutren de otros organismos o desechos de los mismos y forman una nueva biomasa microbiana para liberar nutrientes inorgánicos y CO₂. Esta nueva biomasa formada por bacterias sirve como fuente de alimento para los protozoarios, nemátodos, anélidos y otros organismos del bento.

Todos los organismos que viven en el estanque ya sean autótrofos o heterótrofos, están formados de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre CHONPS, que son considerados como los elementos básicos, y su presencia es fundamental para mantener una elevada productividad en la masa de agua (Arredondo, 1993).

Schroeder (1974 y 1975), al estudiar el efecto de la fertilización en la productividad y los rendimientos pesqueros en estanques, encontró que los organismos omnívoros bentónicos,

como las carpas, crecen del 25 al 100% más rápido en estanques fertilizados. Al comparar los incrementos en la biomasa del zooplacton, quironómidos y bacterias en estanques fertilizados y no fertilizados, con peces y sin peces, se observó que éstos son más abundantes en el primer grupo.

La fertilización orgánica contribuye en forma directa a la producción del estanque, aumentando el número de bacterias, protozoarias y quironómidos, los dos primeros, en una estrecha relación con los detritos. Odum y De la Cruz (1967), encontraron que los detritos incrementan su contenido proteico cuando las partículas tienen más tiempo en el sistema y su tamaño es pequeño y fragmentado, lo cual ha sido comprobado a través de estudios que demuestran que los detritos nuevos incorporados a los estanques contienen un 6% de proteína (sobre una base libre de ceniza) y en aquellos que ya tienen un tiempo en el agua y se han fragmentado en partículas finas este nivel se incrementa en un 24% (Hepher y Pruginin, 1981).

4.10. Fertilización orgánica y el cultivo de Tilapia

Los acuicultores han utilizado desde la antigüedad subproductos y desechos, incluyendo los del hombre para fertilizar sus estanques con el objeto de aumentar el crecimiento de los organismos acuáticos y la producción (Pretto, 1980).

Los desperdicios animales tienen una serie de cualidades de alto valor debido al contenido de proteínas y otros nutrientes que al ser aprovechados, proveen de sustancias alimenticias durante el reciclaje (Porras, 1981).

4.10.1. Ventajas de los fertilizantes orgánicos

Desde el punto de vista práctico de los fertilizantes orgánicos estos tienen según Arredondo (1993) las ventajas siguientes:

- ◆ Aproximadamente contienen casi todas las sustancias nutritivas indispensables para mantener la productividad de los estanques, favoreciendo el establecimiento de bacterias heterótrofas, con lo que supone un fuerte impacto en la cadena de detritos.
- ◆ La mayoría de los excrementos animales contienen compuestos como el N, P y K así como materia orgánica y microelementos como el Ca⁺⁺, Zn⁺⁺ y el Mg⁺⁺, que ayudan a promover la productividad de los estanques.
- ◆ Su costo es relativamente bajo, aunque esto depende fundamentalmente de la disponibilidad a nivel regional, ya que muchas veces el costo de transportación y manejo es muy elevado, por lo que se prefiere utilizar los fertilizantes químicos o minerales.

Otras ventajas que se les atribuye son las siguientes:

- ◆ Ahorro en la compra de alimentos y fertilizantes inorgánicos que representan alrededor del 60% de los costos de producción (Tripathi y Sharma, 1992; Porras, 1984)
- ◆ Los fertilizantes orgánicos promueven la producción y el desarrollo de organismos autótrofos y heterótrofos dentro del estanque (Chará, 1995)
- ◆ El incremento en la producción planctónica y microbiana es aprovechada por peces de distintas escalas tróficas de la cadena alimenticia (Porras, 1984).
- ◆ Al pasar los desechos orgánicos por los estanques piscícolas se disminuye la demanda bioquímica en el agua, disminuyendo su impacto en el medio ambiente (Tripathi y Sharma, 1992).

4.10.2. Desventajas de los fertilizantes orgánicos

Las desventajas que se presentan con el uso de fertilizantes orgánicos según Arredondo (1993), son las siguientes:

- ◆ El abono orgánico al descomponerse, consume una gran cantidad de oxígeno y libera en forma anaerobia productos tales como el bióxido de carbono, amonio y el ácido sulfhídrico y en presencia de oxígeno, bióxido de carbono, nitratos y ácido sulfhídrico, lo que puede poner en peligro la vida de los organismos bajo cultivo, cuando éste se aplica en exceso.
- ◆ Estimula el crecimiento y desarrollo de algas filamentosas, que al proliferar limitan el efecto de los fertilizantes y consecuentemente la productividad del estanque.
- ◆ Las cantidades porcentuales de C, N, P son variables, por lo que es difícil conocer con exactitud la cantidad que se necesita agregar a un estanque.

Según Allen y Hepher (1979), tiene también las siguientes desventajas:

- ◆ Niveles no satisfactorios de oxígeno disuelto en los estanques.
- ◆ Presencia de sustancias tóxicas en las aguas residuales.
- ◆ Presencia de sabores y olores inaceptables en los peces.
- ◆ Presencia de parásitos y enfermedades.
- ◆ Varios problemas de salud pública.
- ◆ Dificultad de cumplir con normas relativas a los efluentes de los estanques.

- ◆ La aceptación de este sistema por parte del público.

Schroeder y Hepher (1979) afirma que para contrarrestar estas desventajas debe hacerse un buen manejo sanitario de los animales de donde provienen los fertilizantes orgánicos y de los peces cultivados

4.10.3 Principios de una buena fertilización orgánica

Según Schroeder (1978); Wohlfarth y Schroeder, (1979); Waynarovich, (1979); Hepher y Pruginin, (1981), los principios de una buena fertilización son los siguientes:

1. Es mejor aplicar el fertilizante frecuentemente y en pequeñas cantidades, a fin de evitar pérdidas de nutrimentos
2. Idealmente es mejor agregar fertilizante diariamente o por lo menos dos veces a la semana.
3. Es mejor aplicarlo durante las primeras horas de la mañana, cuando los niveles de oxígeno disuelto están altos, debido a la fotosíntesis.
4. Es mejor agregar el excremento en pequeñas fracciones coloidales como puede ser la vacaza fresca diluida en agua.
5. Distribuirlo uniformemente a lo largo y ancho del estanque.

4.10.4 Factores que influyen en la acción del fertilizante orgánico

Los factores que influyen sobre la acción del fertilizante orgánico son los siguiente:

1. La radiación solar tiene un efecto marcado sobre la productividad primaria y de

acuerdo con algunos trabajos la máxima productividad lograda en estanques fuertemente fertilizados es equivalente 10 g de Carbono m² / día y en extremo a 17.8 g Carbono m² / día. Algunas áreas en México alcanzan estos niveles de productividad (Schroeder, 1978 y 1980; Talling *et al*, 1973; Wholfart y Shroeder, 1979 y Arredondo 1987).

2. Se requiere un tiempo de retención del agua de 3 a 4 semanas, lo que es equivalente a un recambio de 5% diario en el caso contrario se corre el riesgo de perder cantidades significativas de fertilizantes con la consecuente disminución de la actividad primaria (Boyd y Snow, 1975; Miller, 1976; Boyd, 1976).
3. La calidad del agua afecta la fertilización, ya que en aguas con altas concentraciones calcio y elevados pH se pierde el fósforo y en agua duras y blandas se debe aplicar fosfato en exceso (Boyd, 1982).
4. Dependiendo del origen ecológico de la cubeta del estanque es como se debe aplicar el fertilizante, para ello es necesario conocer los nutrimentos del suelo, de tal manera que las tierras fértiles requieren poca fertilización y las pobres una dosis mayor (Tang y Chen, 1967).
5. Generalmente, se ha observado que los estanques nuevos requieren de una mayor cantidad de fertilizante ya que los viejos retienen nitrógeno y fósforo en el sedimento, los que son liberados en contra a una gradiente a la columna de agua, cuando la concentración es mayor en el sedimento y por lo tanto su demanda es menor.
6. La presencia de macrófitas acuáticas por que son ávidas por el consumo de nutrimentos especialmente de nitrógeno y fósforo y lo absorben en grandes cantidades, proliferando y evitando que sean aprovechados por el fitoplancton por lo que se recomienda hacer la extracción de estas plantas por medios físicos,

mecánicos o biológicos.

7. Los contenidos de C, N, y P, delimita la composición de tal manera que algunos fertilizantes favorecen el crecimiento de algunas algas y bacterias.

4.11. La Contaminación

Según Lloyd (1992) una definición aceptable de contaminación de los ecosistemas acuáticos, desde el punto de vista ecocéntrico es: “cualquier carga adicional de sustancias o energía (calor), como resultado de la actividad humana”.

La contaminación de las fuentes de agua ha sido una causa importante de deterioro en muchas zonas a nivel mundial. Lamentablemente las cifras sobre contaminación son confusas relativamente por los pocos estudios sistemáticos sobre el tema (Chará, 1995). El mismo autor considera que el impacto social y económico de la contaminación es muy alto aunque existen pocos estudios al respecto.

8. La contaminación del agua tiene serias implicaciones sobre la salud humana. Según la Naciones Unidas (citado por la Universidad de Antioquia, 1993) mueren diariamente en el mundo unas 25 mil personas por beber agua contaminada y 5 millones de niños al año a causa de enfermedades provocadas por el mal manejo del agua.

4.12. Los residuos ganaderos como problema ambiental

En lo general se califica a un residuo de la producción animal como contaminante cuando hay conciencia social al respecto y cuando la legislación así lo indica, sin que haya necesariamente un criterio razonable de cultura o tecnología ecológica que respalde la opinión popular.

La contaminación ambiental generada por los animales existe y es la consecuencia de las prácticas intensivas de explotación. Este problema gana importancia con el crecimiento de las unidades de producción y el aumento en la densidad de la población animal. Algunos de los factores que han influido para que los residuos de la producción animal contaminen influyen:

- ◆ La disponibilidad de tierra.
- ◆ De la fuerza laboral.
- ◆ La cultura tecnológica del productor y muy importante.
- ◆ La cercanía a los asentamientos humanos.

Ya que la actitud y la opinión pública han jugado un papel determinante en México para la definición de los desechos como un problema de contaminación.

Los desechos de las explotaciones pecuarias incluyen las excretas fecales y urinarias, desperdicios de alimento y las aguas de lavado más las pérdidas involuntarias de esta y otros materiales como pajas, aserrines usados como “cama”, por lo tanto los potenciales contaminantes producto de la explotación animal, son todos de origen orgánico.

El carácter orgánico de los desechos pecuarios permite que estos se pueden incorporar a las cadenas y ciclo del nitrógeno y del carbono en la naturaleza, por lo que, bien usados constituyen una fuente potencial de riqueza, por lo tanto los desechos de las explotaciones pecuarias impactarán en el medio en función del enriquecimiento de este con sus elementos constitutivos, notablemente, por su composición Nitrógeno (N) algunos elementos minerales, como fósforo (P) y potasio (K) y las demandas de oxígeno relacionada al contenido de materia orgánica. Los excesos vertidos al medio provocarán un desequilibrio y ésta contaminación.

En general, el manejo de los desechos sólidos no representa un problema real en diferentes países del mundo, ya que como se presentarán las alternativas; la posibilidad de tierra con

demanda de fertilizantes y la posibilidad de reciclar las excretas en la alimentación animal dan la oportunidad para el control. El éxito en el uso de los sólidos radica en no desequilibrar al medio al que sean vertido (tierra o producción animal), lo que exige el conocimiento de la composición de las excretas y del medio receptor.

El potencial de producción de excretas es muy elevada y en general se le da poca utilización. Se ofrecen las disponibilidades de excretas de las principales especies animales que pueden ser recuperadas. Los niveles de recuperación se han estimado para nuestra área en un 10% para la excreta vacuna un 20% para gallinaza y un 30% para los cerdos. Estas cifras permiten disponer conservadoramente de unos 40 millones de toneladas de materia seca y unos 7 millones de toneladas de proteína bruta. Estas excretas pueden ser recicladas de diferentes formas, una de ellas como alimento directo donde no deben utilizarse niveles superiores al 10% de la ración y preferiblemente secas o ensiladas.

El agua (o la porción líquida de los desechos) requiere de consideraciones particulares, aparte de las descargas de sólido al medio, fundamentalmente por que de la presencia de la materia orgánica, se deriva mucho del potencial contaminante.

Las aguas de desecho crean una demanda de oxígeno, misma que debe ser satisfecha por el oxígeno disuelto en los cuerpos receptores de agua, de lo contrario se romperá el balance biológico, si la carga orgánica arrojada está por debajo de la capacidad de asimilación del agua receptora entonces se mantendrán las condiciones aeróbicas requeridas por flora y fauna normal; si se excede, entonces habrá una excesiva proliferación bacteriana que consumirá el oxígeno, creando condiciones de anaerobiosis.

Aguas de buena calidad deben poder soportar la vida de los peces (Salazar y Cuarón, 1997).

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- ❖ Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH_4^+), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno (Hohlfeld y Sasse, 1986).
- ❖ El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- ❖ Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión (Hohlfeld y Sasse, 1986). En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35°C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 a 70% y los hongos en 95% en 24 horas (Marchaim, 1992).

La estrategia seguida en Cuba, Brasil, Colombia, México, República Dominicana y Panamá, comprende los siguientes aspectos:

- ◆ Producción de energía (biogás).
- ◆ Producción de alimento de alto valor biológico (peces).
- ◆ Producción de fertilizantes (humus) mediante la lombricultura.

La digestión anaeróbica es un proceso que permite lograr el doble propósito de disminuir la carga de materia orgánica y microorganismos patógenos a la vez que se recupera energía en forma de biogás (mezcla de metano y CO_2) y fuentes ricas de nitrógeno, fósforo, potasio, fibras celulósicas y lignocelulósicas que son susceptibles de utilizarse para la producción de fertilizantes líquidos y sólidos.

El cultivo de peces con fertilizantes con excretas y aguas residuales tiene por objeto: producir alimentos naturales para los peces controlando la velocidad de inoculación de nutrientes provenientes de los residuales, es posible crear condiciones óptimas para un rápido crecimiento de los peces. Las especies más populares en este tipo de cultivo son la tilapia, el pez gato, carpa cabezona, carpa plateada y la carpa común, por otra parte el cultivo de plantas acuáticas en cuerpos de agua fertilizada con los afluentes líquidos de las granjas pecuarias tiene doble propósito de producir un alimento para los animales y a la vez depurar las aguas residuales (Pérez, 1997).

El primer experimento hecho en América del Norte sobre la utilización de determinados cultivos y técnicas asiáticas para resolver algunos problemas de eliminación de desechos de animales, control de la contaminación y producción de proteína, el mismo consistió en dos pequeños estanques Illinois de dimensiones análogas se sembró la misma cantidad de peces (3 carpas chinas, carpa común lobina de boca grande, un híbrido de catostomido y bagre de canal) vertiendo en ambos, cantidades distintas de estiércol de cerdo. En un estanque (0.127 ha) se vertieron todos los desechos de 5 cerdos (unos 39 cerdos/ha de superficie de agua) y el otro 0.121 ha los 8 cerdos (66 cerdos/ha). Durante el experimento se engordaron 2 lotes consecutivos de cerdo. A mediados de la temporada se redujo el nivel de agua para mejorar la circulación natural, pero por lo demás, las condiciones se mantuvieron estáticas sin circulación ni aereación artificial durante un período de crecimiento de los peces de unos 170 días (de Mayo a Octubre de 1979), el incremento neto de la biomasa íctica fue del orden de 2971 kg/ha en el estanque de 0.127 ha y de 3834 kg/ha en el estanque de 0.121 ha, la elevada producción íctica se atribuye a: (i) la alta cantidad de las raciones de los cerdos, (ii) la buena administración del nivel de agua. La influencia beneficiosa de la población íctica en la calidad del agua quedó demostrada por el hecho de que el nivel de oxígeno disuelto fue siempre suficiente y la demanda biológica de oxígeno se mantuvo en límites de 8 a 12 mg/lit (Buck *et al*, 1979).

Otros experimentos realizados han demostrado cuantitativamente que el estiércol de bovino y el agua de alcantarillado de pequeñas ciudades constituyen una base comercialmente útil para facilitar piensos naturales a los peces. El estiércol bovino fue aplicado, en proporciones de 250 - 400 lt/día.

Por cada tonelada de pez, según la biomasa íctica aumentó de menos de 500 kg/ha a más de 4000 kg/ha, permitió obtener rendimientos de 20 - 40 kg/ha/día sin utilizar piensos suplementarios. El abonar intensivamente los estanques de peces alimentados con los métodos tradicionales permitió obtener rendimientos dobles de peces con la mitad de los piensos utilizados usualmente (Schroeder y Hephher, 1979).

Las agua de alcantarillados de un Kibut de 500 personas descargadas en 3 hectáreas de estanque piscícolas los cuales recibieron además piensos suplementarios, permitieron obtener 8600 kg de pescado/ha/8 meses frente a 4700 kg/ha/8 meses en estanques adyacentes que no recibieron agua de alcantarillado.

Los peces cultivados en aguas de alcantarillados se mantienen durante varias semanas en estanque de agua dulce, como una medida de seguridad. Este período de limpieza es para remover todos los olores desagradables y los agentes patógenos residuales (Shroeder y Hephher, 1979).

4.13. Excretas animales como fertilizantes de estanques

Las excretas animales representan una alternativa importante para reducir los costos de producción, sin alterar las formas convencionales de cultivo de producción, ya que se obtienen producciones tan altas como aquellas alcanzadas con el uso de fertilizantes químicos y que además, representan una buena probabilidad para los países como Nicaragua, que no cuenta con grandes recursos económicos.

Según Chará (1995), la cantidad y calidad de los desechos de animales de granja depende

entre otros de los siguientes factores:

- ◆ Calidad del alimento suministrado a los animales
- ◆ Especie, tamaño y ciclo de producción en que se encuentra (generalmente los animales en crecimiento reciben alimentos de mejor calidad).
- ◆ Si los desechos son sólidos o mezclados con orina.
- ◆ Contaminación con material de camas, aguas pluviales y suelos.
- ◆ Método y período de almacenamiento del estiércol.

Taiganides (1978), reportó que los excrementos de animales contienen los nutrimentos mayores como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); además de otros elementos menores como Ca^{++} , Cu^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} , y Mg^{++} que provienen del alimento que se les suministra y del cual del 72 al 79% de nitrógeno del 61 al 87% de fósforo y del 82 al 92% de potasio, es recuperado en las excretas. En el caso de la orina ésta comprende el 40% del peso del desecho diario total, con valores más altos de (N) y de (K) que las heces fecales. El fósforo está contenido principalmente en el excremento, excepto en caso de los cerdos, que arrojan elevadas cantidades en la orina.

La cantidad y calidad de las excretas varían de acuerdo con las especies, tamaño, edad, alimentación, el volumen de agua que consume el organismo, además, de las condiciones climáticas del lugar y el tiempo de manejo que se le da a los desechos.

El Nitrógeno se presenta en los desechos en forma de NH_3^+ , NH_4^+ , NO_3^- y NO_2^- el amoníaco fácilmente se pierde en la atmósfera y el manejo de ellos puede afectar acelerando las pérdidas de otras especies químicas del mismo. En desechos sólidos la pérdida por manejo puede ser del 20 al 50% y en líquido del 25% para sistema anaeróbicos y el 80% aeróbicos por lo general, los desechos de cerdos contienen más altos niveles de fósforo que la vacaza.

Aunque las vacas lecheras producen más desechos que los cerdos y las gallinas, sobre una

base en peso húmedo como un porcentaje del peso total del organismo por día, las gallinas producen mayor cantidad de sólidos totales en sus desechos sobre base seca. En términos de N,P y K los desechos de las gallinas tienen las más altas concentraciones, seguido de los cerdos y las vacas que tienen las concentraciones, más bajas.

Schroeder (1980) demostró que las excretas de vacas tienen mucho de proteína cruda (Nx 6.25) que fluctúan entre el 10 y el 15% del peso seco, del cual menos del 1% es digerible por la pepsina, por lo que concluyó que generalmente todo el nitrógeno contenido en las excretas se encontraban en forma de fracción no digerible, como por ejemplo ácido úrico.

En el caso de la gallinaza que contiene 25 % de proteína cruda en peso húmedo, pero sólo el 10% en base seca es digerido por la pepsina. Algunas observaciones realizadas por diversos autores señalan que cuando se almacenan las excretas por periodos prolongados, los contenidos de cenizas, lignina y hemicelulosa aumentan y los de proteínas cruda disminuye, debido a la acción bacteriana o al lavado de nutrientes (Delmendo, 1980; Schroeder, 1980; Herpher y Pruginin, 1981).

Para minimizar la pérdida de nutrientes las excretas deben ser adecuadamente almacenadas. Taiganides (1978), reportó pérdidas de nitrógeno por el manejo de desechos sólido, que variaron del 20 al 50%; este último nivel se presentó cuando se manejó en forma líquida, fluctuando de 25% en sistemas anaeróbicos al 80% en condiciones aeróbicos. En contraste, las pérdidas de fósforo por el manejo son mínimas, debido a la forma química en que estos desechos se encuentran.

La materia orgánica del estiércol estimula el desarrollo de bacterias que se encargan de su descomposición, estas bacterias son consumidas por infusorios, y estos a su vez sirven como alimentos para larvas e insectos. Todos estos organismos son aprovechados por los peces, especialmente en las primeras etapas de vida (Ramos, 1984).

En un estudio realizado Schroeder (1978), se demostró que los fertilizantes inorgánicos

solos, generan menos producción de peces (10-15 kg/ha/día) que los fertilizantes orgánicos (aproximadamente 30 kg/ha/día). Esto se debe principalmente a la cadena autotrófica.

4.14. Consideraciones ecológicas del uso de las excretas animales para cultivo de Tilapias

Al agregar excretas a un estanque, éstas se transforman en nutrientes inorgánicos y alimentos para los organismos bajo cultivo. Los nutrientes liberados en la columna de agua proveen un sustrato para los organismos fotosintéticos o autotróficos y para los heterotróficos, que son la base del rendimiento acuícola. Desde el punto de vista biológico, las excretas entran directamente a las cadenas alimenticias en tres formas:

a) **Como alimento directo.** Los resultados de las investigaciones en donde se incluyen las excretas en alimentos para peces han demostrado que no ayudan al crecimiento. Esto probablemente sea el resultado del bajo contenido de proteína y de energía, comparado con el de los alimentos balanceados. El 40% de la materia seca de las excretas está compuesta de ceniza y fibra cruda, y al menos la mitad del contenido de proteína cruda de la vacaza y la gallinaza se presenta en forma de ácido úrico y otros compuestos que no son asimilables por los organismos en cultivo.

b) **Como fertilizante para estimular la producción autotrófica o cadena de pastoreo.** Los fragmentos de excretas arrojadas al estanque son utilizados por las bacterias, las cuales digieren la fracción orgánica y liberan los nutrientes y el bióxido de carbono que sirven de sustrato para el proceso de fotosíntesis. El plancton muerto, al descomponerse por la acción bacteriana, recicla el contenido de minerales, incorporándolos al ciclo biológico del estanque. En experiencias realizadas con el cultivo de peces se ha observado que el fertilizante orgánico estimula la productividad primaria, la cual alcanza un máximo de 10g de carbón fijado como biomasa de microalgas por metro cuadrado al día.

Con base en la eficiencia de conversión de carbono, cinco unidades de carbono en el

alimento resultando en una unidad de carbono fijado como carne, de aquí que la máxima tasa fotosintética puede mantener una producción de 200 kg/ha/día. El consumo directo del placton puede permitir tan solo un rendimiento máximo de 32 kg/ha/día (Wohlfarth y Schroeder, 1979).

c) El uso de excretas como base de la producción heterotrófica o cadena de detritos. Aproximadamente la mitad de los rendimientos acuícolas obtenidos en estanques son sometidos por el consumo del alimento natural (fitoplacton, zooplacton y organismo del bentos).

En condiciones de fertilización orgánica como el uso de las excretas, los elevados rendimientos se han atribuido al consumo de bacterias y protozoarios, los cuales florecen asociados a la materia orgánica utilizando la fracción orgánica y mineral como fuente de energía y nutrimentos. Los organismos pelágicos y bentónicos son capaces de consumir cantidades importantes de estos microorganismos, que por su elevado valor nutricional les proveen una dieta completa. En el caso de los peces, los detritos que contienen elevadas cantidades de microorganismos pasan a través del intestino, en donde son digeridos, sin afectar la matriz orgánica del detrito, el cual se reincorpora al estanque a través de la excesión, para ser colonizado nuevamente por bacterias y protozoarios (Wohlfarth y Schroeder, 1979).

4.15. Características generales de las principales excretas

Las características generales de las principales excretas se describen a continuación, en base en el criterio de NACA (1989):

a) Cerdaza

Sus desechos tienen alto contenido en materia orgánica y otros elementos nutricionales como el nitrógeno, fósforo y potasio. Es un excremento fino y completo, que contiene una relación C/N de 14/1, más pequeña que otros animales de granjas, por lo que es fácil de degradar. La mayor proporción de nitrógeno se encuentra en la orina en forma de urea.

Un cerdo de 50 kg de peso descarga 10 kg por día de excremento, lo que representa aproximadamente el 20 % de su peso total y en un periodo de cultivo de ocho meses libera 1 tonelada de excremento y 1200 kg de orina. A pesar que la cantidad de excrementos de cerdo son menores que los de las vacas y caballos, tienen una ventaja debido a su rápido crecimiento y menor tiempo de engorde.

b) Vacaza

La composición del excremento es parecida a la del cerdo, pero debido a que son rumiantes, el alimento es masticado repetidamente, de tal forma que el excremento es muy fino y suave. Hay menos nitrógeno en una proporción de C/N de 25/1.

La orina contiene más nitrógeno en forma de ácido hipúrico, así que la descomposición de las excretas es más lenta.

El promedio de excreta de una vaca de 500 kg de peso total es de 25 kg al día. La relación de excreta orina es de 3:2. La cantidad total de excretas producidas en un año es de 9.12 toneladas.

c) Gallinaza

La gallinaza y las excretas de otras aves como patos y gansos son fáciles de descomponerse y contienen cantidades importantes de ácido úrico, el cual no puede ser absorbido

directamente por las plantas. Por esta razón, es mejor usarlas fermentadas. La cantidad de excretas por gallinas en un año es de 5 a 7 kg. En el caso de los patos es de 7.5 a 10 kg y de gansos de 12.5 a 15 kg. Aunque la cantidad de excretas por ave es menor, la cantidad de animales que pueden ser cultivadas es grande, por lo que se produce una cantidad aceptable de excremento.

La aplicación de este tipo de fertilizante puede ir sola o en conjunción con los inorgánicos; depende de la riqueza en materia orgánica de la fuente de agua y del sedimento del estanque.

4.16. Sistemas de fertilización orgánica de los estanques

Según Díaz y Vásquez (1989), en general la aplicación de los fertilizantes se realiza de la siguiente forma:

a) Si la fuente de agua es un río, embalse o laguna se escogerá una de las siguientes alternativas:

Gallinaza 1 ton/ha.

Estércol porcino 0.5 ton/ha.

Hierba seca 1 ton/ha (amarrado en heces).

b) Si la fuente de agua es un pozo:

Gallinaza 2-3 ton/ha.

Estiércol porcino 1-2 ton/ha.

Hierba seca 2-3 ton/ha.

Según LUU (1992), en caso de adicionar el estiércol al estanque desde otra parte de la explotación se usa de 50 a 150 gr /m² dos veces al mes, 100 g de bovinaza o porquinaza por metro cuadrado o 50 g de pollinaza por metro cuadrado.

Según Modadugo (1992), citado por Chará, 1995; Ramos (1984), cuando el estiércol de los animales (particularmente cerdos, pollos y patos) cae directamente al estanque o a través de canales de desagüe se recomienda de 30 a 50 pollos o patos por cada 1000 m² de estanque (Gupta y Noble, 1992; Tripathi y Sharma, 1992; Bodis y Souza, 1987).

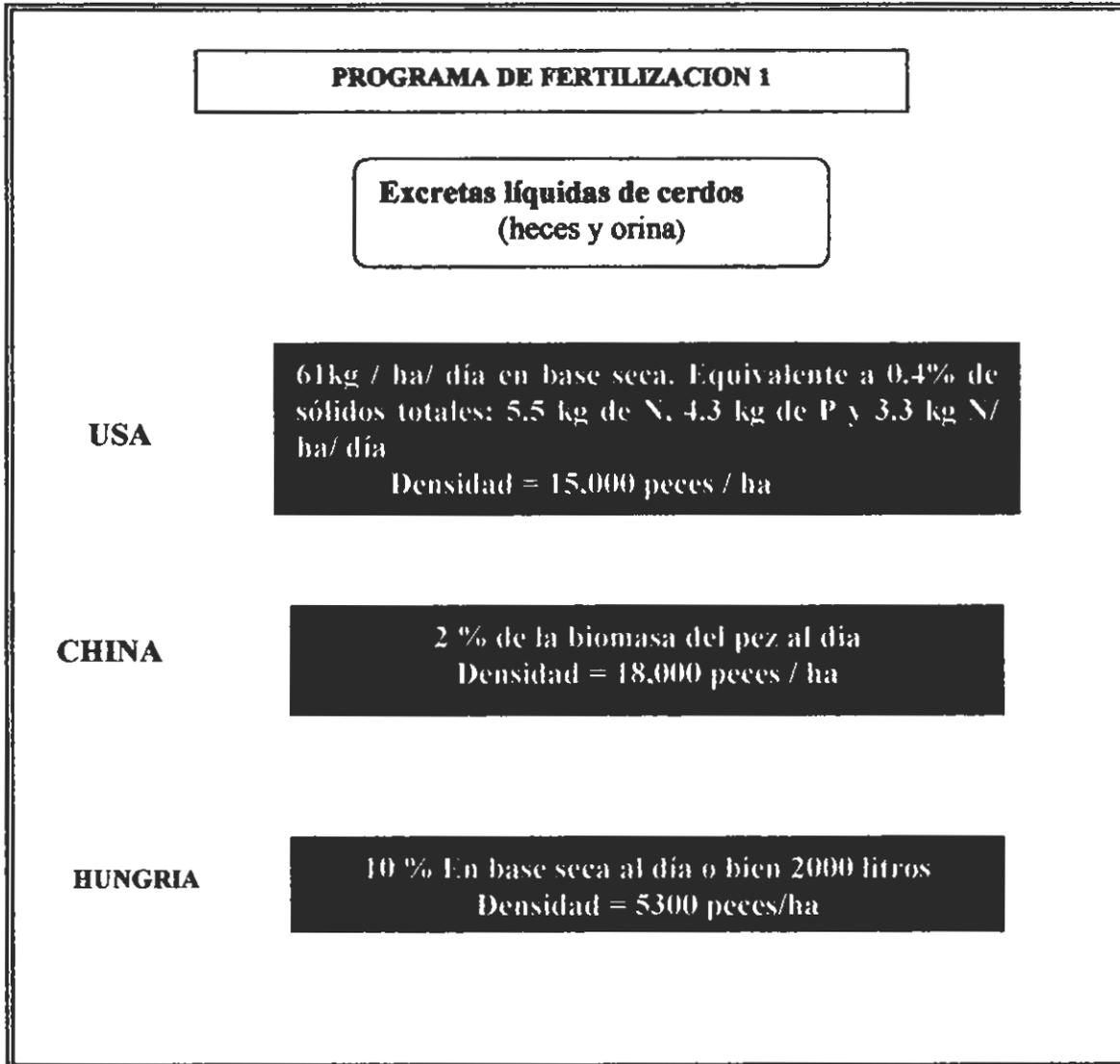
Para el caso de los cerdos Tripathi y Sharma (1992), en la India recomienda 3/1000 m², y Pretto (1980), considera que se pueden tener desde 10 a 40 por cada 1000 m² de acuerdo a la cantidad de agua disponible para recambio.

El uso del estiércol y los productos de los biodigestores (bioabono líquido y sólidos de desechos) en la acuicultura es novedoso. Edward y Kaewpaitoon (1984), cultivaron Tilapias *Oreochromis niloticus* con excelentes resultados, incluyendo estiércol en el alimento balanceado, se ha logrado reemplazar hasta el 75% con material de estiércol. Por otra parte Little y Muur (1988), mencionan que para producir 55 kg de Tilapias *Oreochromis niloticus*, en estanques de 2000 m² en 6 meses, se requieren en total 36 Toneladas por hectáreas de estiércol con un factor de conversión de estiércol de 12, es decir que se necesita 12 kg de estiércol para producir 1 kg de Tilapia.

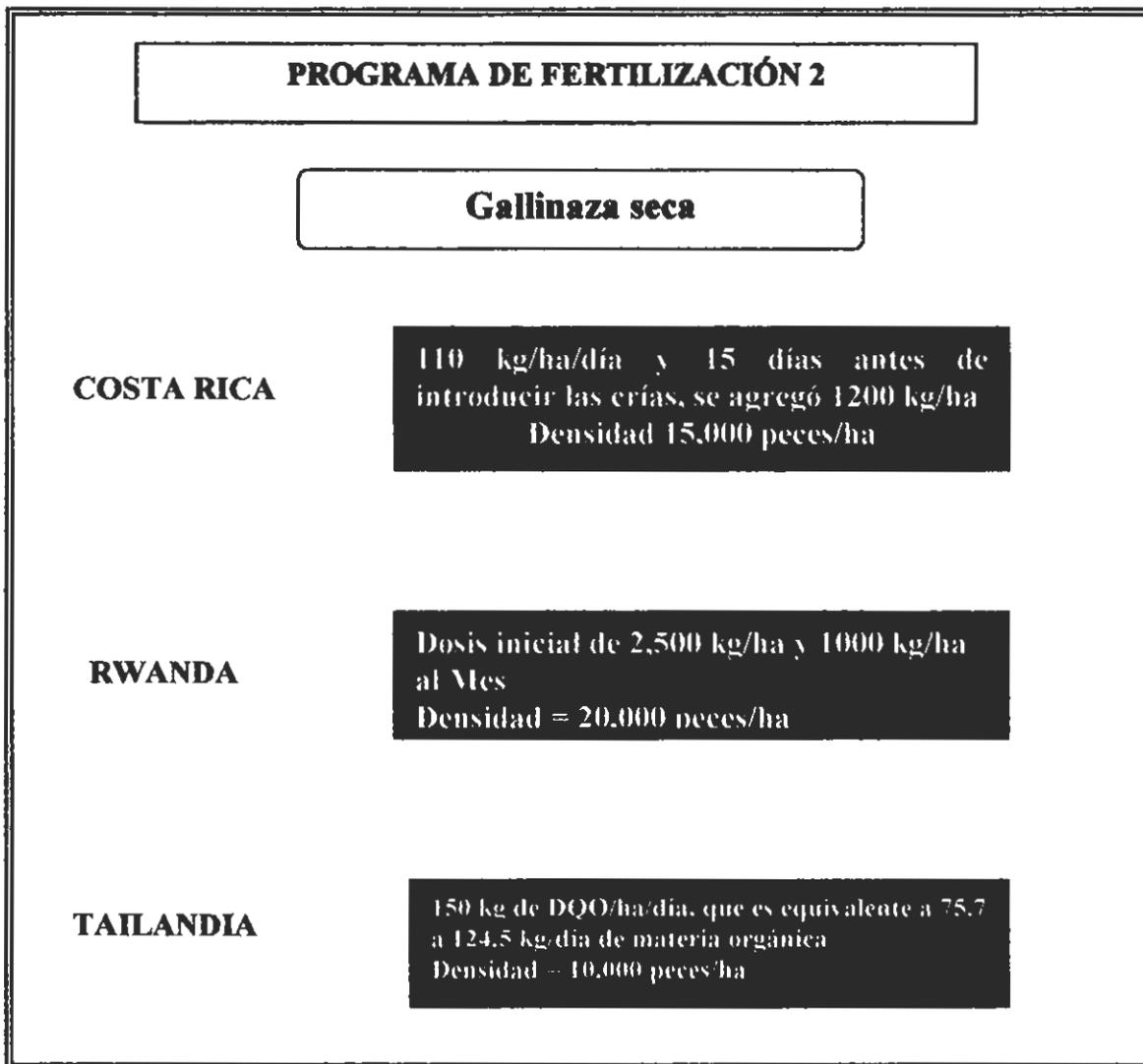
En el caso de bioabono líquido ha sido utilizado en policultivos en México utilizando 5 especies de carpas, aplicando hasta más de 200,000 litros en total durante 8 meses de cultivos sin afectar la calidad del agua, lo que significa que es posible agregar hasta 1000 litros/ha/ día (Arredondo, 1987). En este sentido y donde es posible mantener un abasto suficiente de bioabono líquido este tipo de fertilizante es el mas indicado por su calidad y bajo costo.

La cantidad de excremento y desechos orgánicos utilizados en acuicultura varía de acuerdo a las condiciones del estanque y el clima local. En China la aplicación de estiércol fluctúa entre 5-10 Ton/ha/año, lo que equivale a agregar de 15 a 30 kg de nitrógeno, de 45 a 90 kg de P₂O₅ y de 12.5 a 25 kg de K₂O / ha / año (NACA, 1989).

A continuación se presentan diferentes programas de fertilización para cultivos de tilapias:



Fuente: Behrends et al 1983; Olah et al 1986



Fuente: Edwards y Kaewpaitoon (1984) y González *et al*, 1987.

4.17. Control de aplicación de fertilizantes

En el control del proceso de fertilización aunque pueden existir diversas formulaciones para el control del nivel de nutrientes en el agua, un método rápido es a través del disco se Secchi como criterio de re-aplicación de nuevas dosis de fertilizantes se ha tomado la transparencia cuando ésta supera los 50 cm se añaden nuevamente los fertilizantes señalados anteriormente, pero en esta ocasión a la mitad de la dosis registrada. Esto es

suficiente para mantener una población fito y zooplactónica adecuada.

Este método, cuya exactitud es cuestionable debido a la presencia de solidez en suspensión, ha demostrado ser válido en el momento de decidir aplicaciones sucesivas de fertilizantes (Díaz y Vásquez, 1989).

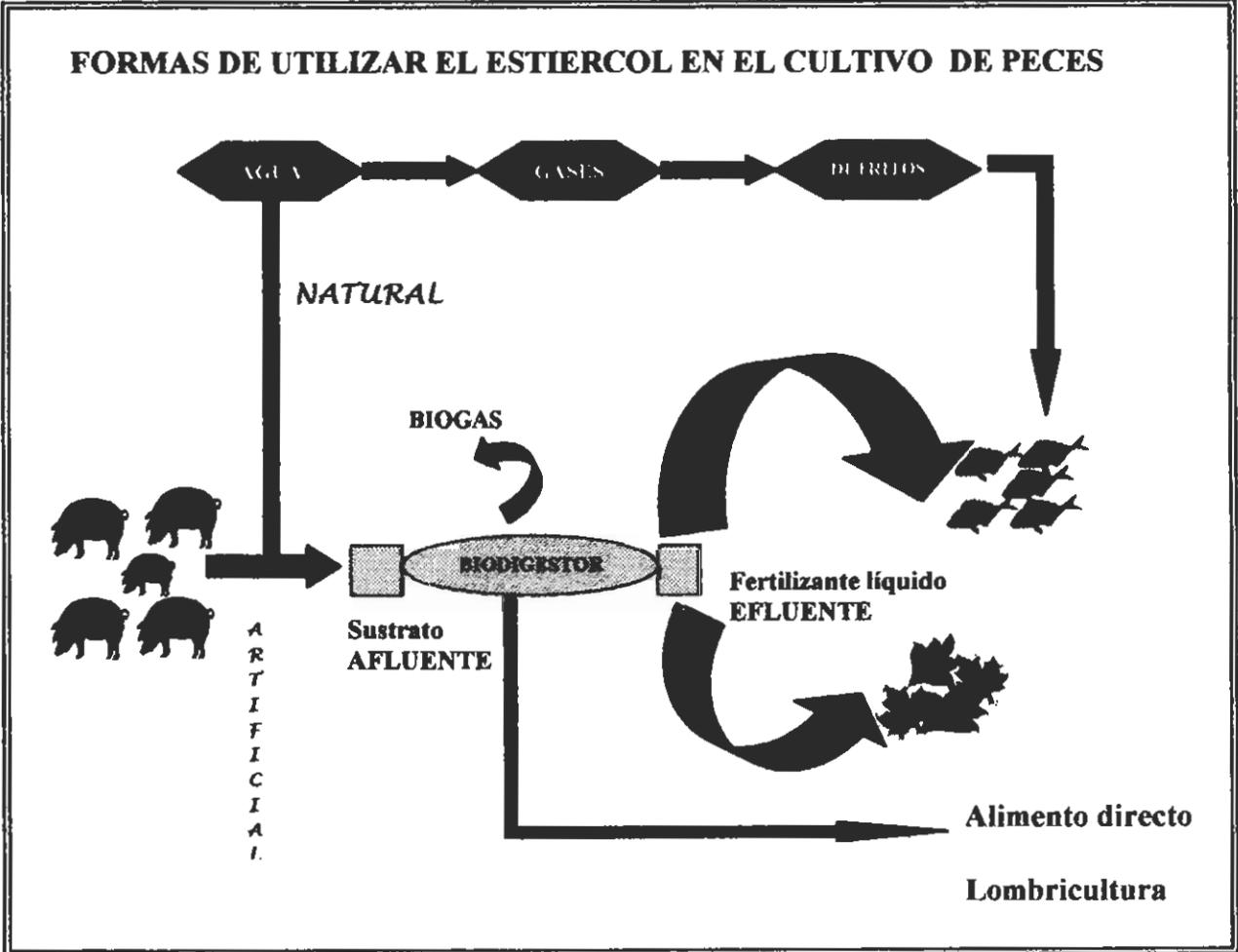
4.18. Sistemas de integración cerdos-peces

Los estiércoles son una realidad en la alimentación de las especies rumiantes dando lugar, por ejemplo con la gallinaza, a sistemas particulares de producción bien difundidos. Otros estiércoles, por el contenido de agua no han sido tan bien aceptados, pero las presiones de carácter ambiental están dando lugar a la creación de subsistemas de producción, como por ejemplo, la engorda intensiva de ganado con excretas de cerdo, crudas secadas al sol o ensiladas (Salazar y Cuarón, 1997).

El sistema de integración cerdos-peces, es practicado en muchas partes del mundo incluyendo Colombia. Una de las formas más adecuadas es la construcción de las porquerizas sobre los diques de los estanques, de tal manera que el agua de lavados sirva como abono. De esta forma se elimina la necesidad de suministrar alimentos a los estanque, pues los peces se pueden alimentar con el estiércol de cerdos que posee un 70% de material digestivo (Tripathi y Sharma, 1992). Para el caso de los cerdos en desarrollo y ceba estos autores recomiendan hasta tres cerdos por cada 1000m² de estanque.

Un esquema de cómo integrar el estiércol proveniente de los cerdos de tal forma que se integre a las fincas es el presentado por Fry (1976), Díaz y Vásquez (1989), Arredondo (1993), Beteta (1996), de los cuales se deduce el siguiente esquema:

FORMAS DE UTILIZAR EL ESTIERCOL EN EL CULTIVO DE PECES



V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación y descripción Geográfica

El presente trabajo fue realizado en la Hacienda Las Mercedes, localizada entre las coordenadas 12° 10' 14" a 12° 08' 05" Latitud Norte y 86° 10' 22" a 86° 09' 49" Longitud Oeste, su altitud es de 56 metros sobre el nivel del mar (INETER, 1999).

5.2. Clima

Los datos climáticos que se presentan fueron registrados en la estación meteorológica Aeropuerto Internacional de Managua ubicado a 1 km. de la Hacienda Las Mercedes.

De acuerdo a la clasificación climática de Holdridge (1982), el clima de la zona es tropical de sabana (AW).

La precipitación de la zona alcanza los 1140 mm anuales. Su distribución en el tiempo presenta dos períodos bien diferenciados: Uno lluvioso que va de Mayo-Octubre y otro seco que comprende el período Noviembre-Abril.

Durante el período lluvioso cae alrededor del 94.5% de la precipitación anual, se trata de precipitaciones de alta intensidad, "La Canícula" ocurre en el período Julio-Agosto y no dura más de quince días durante los cuales la precipitación se reduce drásticamente.

La estación seca se caracteriza, además de la escasa precipitación, por la predominancia de vientos turbulentos y fuertes, que soplan desde el Este. Ello contribuye a agravar la escasez durante esta estación como consecuencia del patrón de distribución de las precipitaciones a lo largo del año; se presenta un marcado déficit de humedad en los meses de Diciembre-Abril, pues la precipitación no exceden a los 10 mm. consecuentemente la relación entre este factor y la evapotranspiración es absolutamente desproporcional, a lo que contribuyen poderosamente las altas

temperaturas que predominan durante el año. La humedad relativa del aire baja hasta el 66% durante la época seca.

En los meses siguientes (Mayo-Agosto) aparentemente existe una compensación al elevarse las precipitaciones a valores promedios de 165 mm.

La temperatura en cambio se mantiene más o menos constante en todos los meses considerándose éstos de índice alto, en un valor medio de 27°C. Las máximas temperaturas se presentan entre los meses de Abril y Mayo contribuyendo a aumentar la evapotranspiración.

5.3. Equipos y Materiales

- ❑ Balanza de precisión en gramos.
- ❑ Peachímetro para medir pH.
- ❑ Oxigenómetro OD.
- ❑ 1 Chinchorro.
- ❑ 1 Tina plástica.
- ❑ 2 Baldes plásticos.
- ❑ Guantes plásticos
- ❑ Malla fina para proteger los estanques.
- ❑ 1 Centímetro.
- ❑ Agua destilada para lavar el peachímetro y oxigenómetro.
- ❑ Termómetro

5.4. Descripción del Experimento

Para el manejo de las Tilapias *Oreochromis niloticus* se utilizaron cuatro estanques de cemento ya establecidas en la finca "Las Mercedes" con dimensiones de 4.75 m de largo por 3.55 m de ancho con una profundidad de 0.90 m.

El agua utilizada para el llenado de los estanques provenía de un pozo artesiano, ésta era llevada a los estanques por medio de tuberías plásticas PVC de ¾ pulgadas con una llave de pase principal que luego se dividía en una llave para cada estanque.

Como fertilizante de dos estanques se utilizó el estiércol fresco de dos grupos de cerdos manejados de acuerdo a las normas técnicas de explotación que se emplean en la granja Santa Rosa cada grupo estaba compuesto de 8 cerdos. Uno de los grupos fue alimentado con desperdicios de cocina procedentes del Hotel Las Mercedes y el otro grupo fue alimentado con concentrado comercial.

Para fertilizar los dos estanques restantes se utilizó el efluente proveniente de el estiércol procesado por un biodigestor plástico de 9 m³.

5.5. Manejo del Experimento

El experimento se desarrolló en el período comprendido entre los meses de Agosto a Diciembre de 1999 (90 días). Para el desarrollo del experimento se realizó una previa fertilización 15 días antes de la siembra de las tilapias.

Se sembraron 100 tilapias (*Oreochromis niloticus*) divididas en cuatro grupos de 25 tilapias monosexo (macho) donde cada 2 animales representan una unidad experimental. Utilizando una densidad de siembra de dos peces/m³.

La fertilización (Anexo 10), se hizo de acuerdo al volumen de agua disponible en los estanques utilizando 12.5 g en base a la materia seca/m³.

Se realizó recambio de agua de forma natural por medio de las compuertas de madera. Se tomaron parámetros tales como T°, pH, OD, los que se midieron con un termómetro, pHmetro (Anexo 11) y oxigenómetro (Anexo 12), estos se registraron diariamente por la mañana y tarde durante el desarrollo del experimento, al igual que todos los datos del ensayo se anotaron en hojas de registro (Anexo 9).

Cada 14 días se realizaba muestreo (Anexo 13), con reemplazo tomando peso (Anexo 14) y talla (Anexo 15) de las 25 tilapias de cada estanque. Estos estanques fueron cubiertos con malla de mosquitero con el objetivo de protegerlos contra los depredadores.

5.6. Descripción de tratamientos

Para la definición de los tratamientos se tomó en cuenta el porcentaje de materia seca en el estiércol fresco (80%) y el efluente (3%) (Beteta, 1996).

5.6.1. Tratamiento 1

Fertilización con efluente producido por un biodigestor de 9 m³, cuyo sustrato procesado fue estiércol de cerdos alimentados con concentrado comercial.

5.6.2. Tratamiento 2

Fertilización con estiércol fresco de cerdos alimentados con concentrado comercial.

5.6.3. Tratamiento 3

Fertilización con efluente producido por un biodigestor de 9 m³, cuyo sustrato procesado fue estiércol de cerdos alimentados con desperdicios de cocina (DDC).

5.6.4. Tratamiento 4

Fertilización con estiércol fresco de cerdos alimentados con desperdicios de cocina (DDC).

Los análisis químicos de los tratamientos utilizados se presentan a continuación:

Análisis químico del estiércol fresco (tratamientos 2 y 4)

Estiércol Fresco	N %	P %
Concentrado	0.905	0.78
Desperdicios de cocina	0.931	0.614

Fuente: Laboratorio F-Q de Análisis de agua, PIDMA-UNI

Análisis químico de los efluentes (tratamientos 1 y 3)

Efluente	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn Ppm
Desperdicios de cocina	2.39	0.16	0.26	0.16	0.06	225	25	87	37
Concentrado	1.62	0.4	0.34	0.05	0.11	575	100	25	25

Laboratorios de Suelos y Agua. UNA (1999).

5.7. Descripción de Variables

Las variables que se evaluaron en este estudio fueron:

5.7.1. Peso

Será el peso (g) que alcanzan los peces al final del ensayo, durante cada muestreo realizado y por tratamiento.

5.7.2. Talla

Será la longitud (cm) que alcanzan los peces al final del ensayo, durante cada muestreo y por tratamiento.

5.7.3. Ganancia media diaria

Es la ganancia de peso (g) que diariamente obtuvieron las Tilapias, y se calculó restando el peso final menos el peso inicial entre el período.

$$\text{GMD} = \frac{\text{PF} - \text{PI}}{\text{días}}$$

5.7.4. Calidad del agua

La calidad del agua se analizó a través de los siguientes parámetros:

4.7.4.1. Oxígeno disuelto

Constituyó el oxígeno disponible (mg/l) en los estanques, de acuerdo a los tratamientos utilizados.

4.7.4.2. Temperatura

Fueron las temperaturas promedio registrada en los estanque correspondientes a cada tratamiento.

4.7.4.3. pH

Fue el pH promedio registrado en los estanques correspondiente a cada uno de los tratamientos.

5.8. Diseño experimental

El ensayo se montó y se analizó como un D.C.A. en arreglo bifactorial donde:

FACTOR A: Período o muestreo (cada 14 días)

FACTOR B: Tipo de Fertilizante

El Modelo Aditivo Lineal (MAL) para el experimento fue:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + (ST)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Media poblacional

S_i = Efecto de los periodos o muestreos analizados (Factor A)

T_j = Efecto de los cuatro tipos de fertilizantes utilizados (Factor B)

$(ST)_{ij}$ = Interacción del tiempo y el tipo de fertilizante

E_{ijk} = Efecto del error experimental

Los datos se analizaron a través del programa estadístico SAS (1997).

Se realizó el ANDEVA para las variables estudiadas, así como pruebas de separaciones de medias por Tukey al 5% de confiabilidad, para determinar la variable de mejor comportamiento por muestreo y por tratamiento, además se analizó a través de una regresión simple la relación entre las variable peso y talla.

5.9. Análisis económico

Se realizó un análisis económico con el fin de establecer y comparar los costos y el beneficio económico de los tratamiento utilizados.

La metodología utilizada fue la del análisis de presupuestos parciales para evaluar nueva tecnología con la metodología sugerida por Pérez (1993).

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

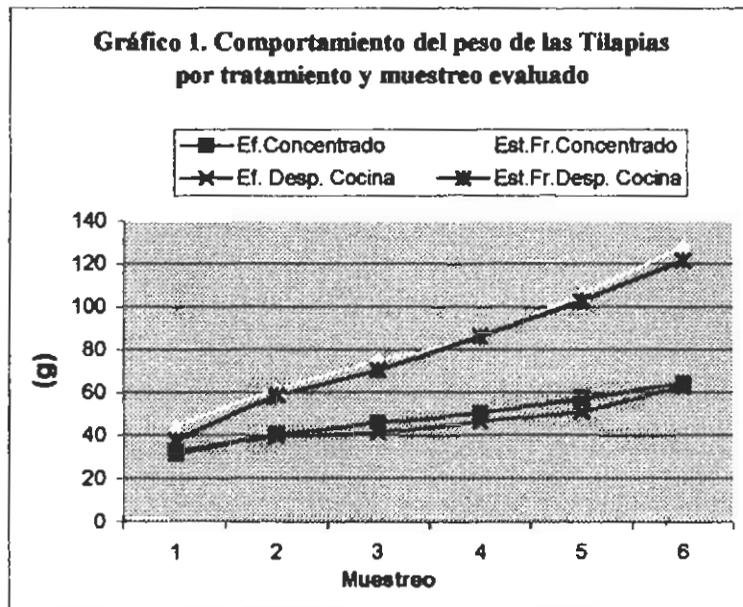
Al realizar los análisis de los datos obtenidos, se obtuvieron las siguientes resultados para las variables estudiadas.

6.1 Peso

Los factores que afectan el comportamiento del peso de los peces según Arredondo y Ponce (1998), Saavedra *et al.* (1996), Gulland y Rosemberg, (1992) y Bardach *et al.* (1990), son los siguientes: la cantidad y calidad del agua, la densidad de siembra, control de los parámetros físicos químicos y biológicos, especie, calidad del alimento y sexo.

En el Anexo 1, se presentan los resultados del ANDEVA para la variable peso de las Tilapias, observándose efecto altamente significativo del tiempo de muestreo, el tipo de fertilizante y la interacción tiempo-tipo de fertilizante. Esto indica que el peso de las tilapias varió en función de los factores analizados.

En el anexo 2 la pruebas de separación de medias por tuckey para esta variable de acuerdo a los tratamientos presenta dos grupos definidos que difieren entre ellos presentando los mejores promedios para esta variable el T2 y los menores promedios el tratamiento 3.



De igual manera en el Anexo 4. las pruebas de separación de medias por tuckey para esta variable de acuerdo al tiempo (muestreo) presenta seis grupos definidos y estadísticamente diferentes entre ellos, lo que indica que el peso de las tilapias fue diferente en todos los muestreos analizados, comportamiento que se observa en el gráfico1, presentando los mayores pesos el muestreo final de acuerdo a la fisiología del animal.

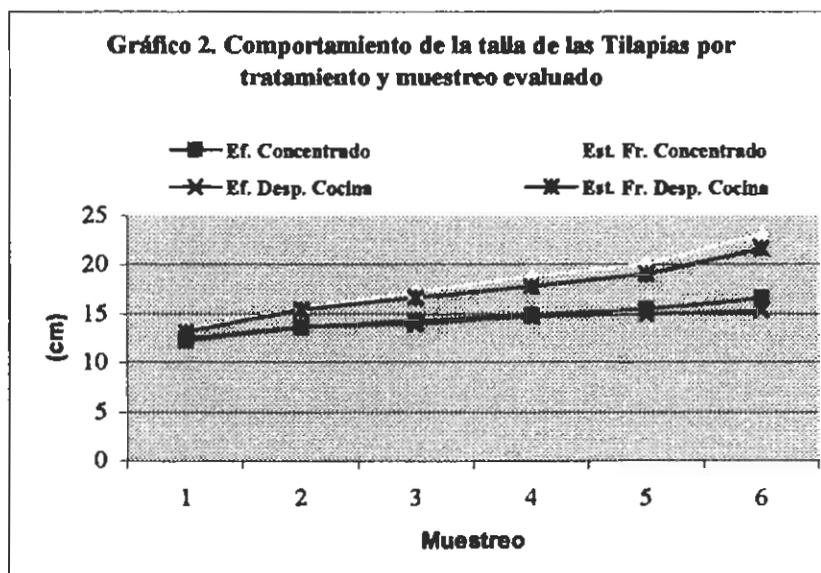
Por muestreo los promedios de pesos obtenidos (94.23) están por debajo a los promedios reportados por ADPESCA (1998), quienes alimentando con concentrado han reportado para período similares hasta 115.23 g sin embargo están por encima de los promedios reportados por Tercero y Trujillo (1993), quienes utilizando también concentrado obtuvieron pesos promedios de 76.33 g, también son superiores a los promedios reportados por Sánchez (1997), quien alimentando con concentrado obtuvo 89.95 g, pero inferiores a los que la misma autora reportan en el mismo ensayo al alimentar con larvas de moscas obteniendo 123.75 g en el mismo período.

6.2. Talla

Según Gulland y Rosemberg (1992), la talla es la longitud standard, la longitud a la horquilla, la longitud total del pez. Este mismo autor considera que el tamaño del pez está mas íntimamente relacionado con aspectos como: necesidades de alimentos o la depredación que con su edad.

En el Anexo 1. se presentan los resultados del ANDEVA para la variable Talla, observándose efecto altamente significativo del tiempo de muestreo (cada 14 días), el tipo de fertilizante y la interacción tiempo de muestreo y tipo de fertilizante, lo que indica que la talla de las Tilapias varió considerablemente por estos dos factores y al analizar la interacción de ellos.

Las pruebas de separación de medias por Tuckey (Anexo 3), para esta variable de acuerdo a los tratamientos, presenta dos grupos definidos que difieren entre ellos presentando los mejores promedios el T2, observándose dicho comportamiento en el gráfico 2.



De igual manera en el Anexo 5, las pruebas de separación de medias por Tuckey para esta variable de acuerdo al tiempo de evaluación (muestreo), presenta seis grupos

definidos y estadísticamente diferentes entre ellos, lo que indica que la talla de las tilapias fue diferente en todas las muestras analizadas lo que concuerda con el desarrollo fisiológico del animal, este comportamiento se observa en el gráfico 2.

Los promedios finales y por tratamiento obtenidos en este trabajo son superiores a los obtenidos por Tercero y Trujillo (1993) evaluando tres especies de tilapia alimentadas con concentrado. Con respecto a trabajos realizados por Sánchez (1997), donde evalúa alimentos concentrados y moscas domésticas, las tallas obtenidas son ligeramente inferiores comparándola con los resultados de la alimentación a base de concentrados obtenidos en los 5 muestreos que realizó (17.75 cm), e inferiores también a las tallas obtenidas con la alimentación a base de moscas domésticas (20.04 cm)

El mejor comportamiento del tratamiento 2 tanto en peso como talla de las tilapias, puede deberse a que el concentrado tiene mejor balance de nutrientes y debe considerarse también que, el estiércol de cerdo además de su efecto fertilizante posee un buen porcentaje de alimentos digeribles para los peces; en este caso los nutrientes son utilizados tres veces: por los cerdos, por los peces y por los microorganismos (Pretto, 1980). El consumo de estiércol es estimulado no sólo por el contenido de nutrientes sino por su riqueza bacteriana proveniente del tracto digestivo del animal (Little y Muur, 1988)

6.3. Ganancia Media Diaria (GMD)

El comportamiento de la variable Ganancia Media Diaria se observa en el ANDEVA, del Anexo 1, presentando efecto altamente significativo para dicha variable el tipo de fertilizante, lo que indica que la misma varió en función del tipo de fertilizante adicionado a los estanques.

Las pruebas de separación de medias por Tuckey para esta variable de acuerdo a los tratamientos en estudio, se presentan en el Anexo 6, en la misma se observan dos grupos definidos, los cuales difieren entre ellos observándose los mejores promedios para esta variable en el tratamiento 2 y los valores mas bajos en el tratamiento 3.

Los promedios de ganancia de peso diarios y acumulados (Tabla 1) muestran que las mayores ganancias de peso diario y acumulado se dieron en el muestreo 2 y 6, se observa una baja en el muestreo 3 y 4 en cuanto a esta variable, la cual pudo ser producto de afectaciones ambientales y de abastecimiento de agua.

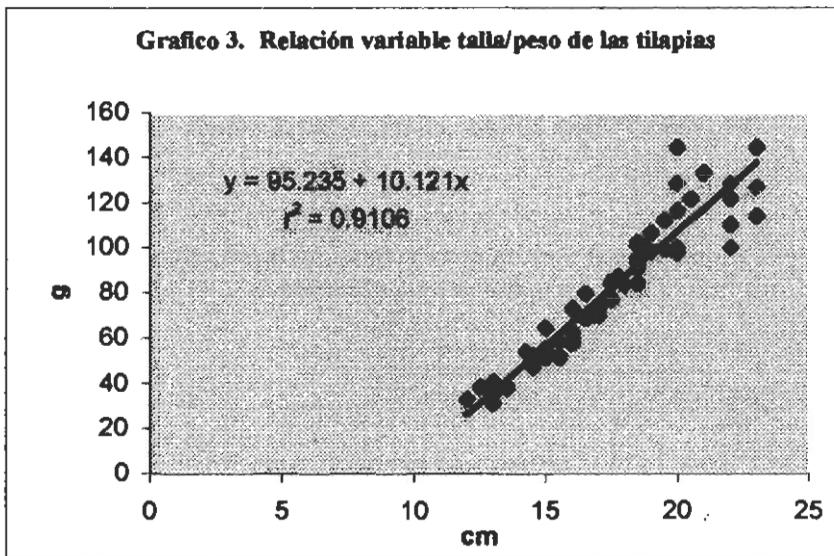
Tabla 1. Promedio diarios y acumulados de ganancias de peso por muestreo

Muestreo	Diario	Acumulado
1	0.82	11.61
2	0.97	13.58
3	0.57	7.98
4	0.63	8.92
5	0.88	12.32
6	1.05	14.83

Los resultados para esta variable en el sexto muestreo son superiores a los reportados por ADPESCA (1998) usando concentrados (-0.76 g), presentando promedios de ganancia diaria similares también (0.83 g); asimismo son superiores a los promedios de ganancia diaria reportadas por Tercero y Trujillo (1993), al evaluar tres especies de tilapia con concentrado (0.64 g) pero inferiores a los resultados de Sánchez (1997) con concentrados (1.26 g) y con larvas de mosca doméstica (2.27 g).

6.4. Relación entre variables Talla y Peso

En el Gráfico 3 se muestra una alta relación dependiente y positiva entre la talla y el peso en general de las tilapias, con una $r^2 = 0.91$, lo que indica que el peso de las tilapias se ve afectado en un 91 % por el comportamiento de la talla.



Los promedios generales se acercan a la línea de mejor ajuste en un 91%, asimismo, según la ecuación por cada unidad que varia la talla de los animales el peso varia en 10.1 unidad.

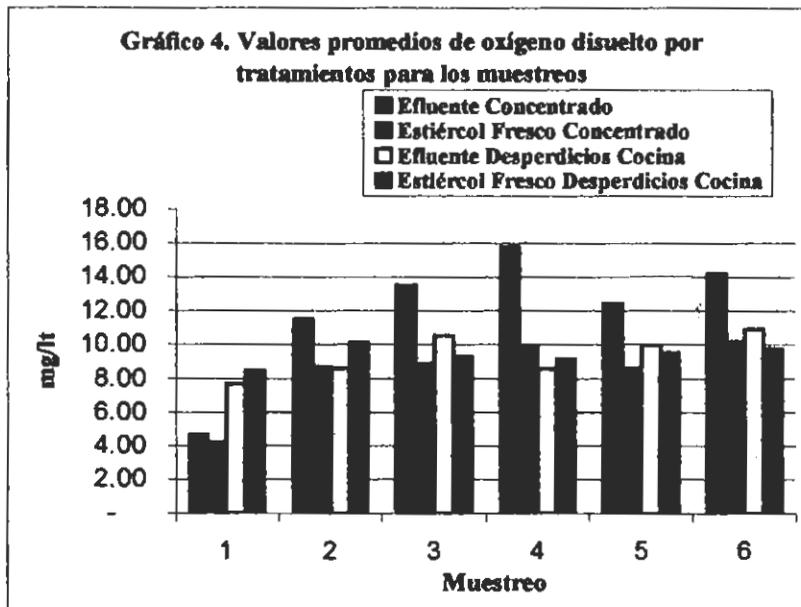
6.5. Calidad del agua

6.5.1. Oxígeno Disuelto (OD)

Con respecto a los gases disueltos el contenido de oxígeno es de primordial importancia; a lo largo del día las fluctuaciones de este gas son evidente sobre todo en estanques que tienen una elevada densidad de microalgas, ya que en la madrugada debido a la respiración de los organismos se pueden presentar valores críticos en el estanque que pueden causar la mortalidad de los organismos en cultivo (Hepher y Priginin, 1981). Por su parte Boyd (1982), asegura que debido a la respiración, fotosíntesis y difusión, la concentración de este gas cambia continuamente a lo largo de 24 horas, siendo por lo general baja al amanecer, incrementándose en el día y declinando otra vez en la noche.

El Gráfico 4 presenta los valores promedios de las muestras realizadas cada 14 días por tratamiento, donde se observa que el tratamiento 1 (efluente procedente de cerdoss

alimentados con concentrado) presentó mayor disponibilidad de oxígeno disuelto en todos los muestreos excepto en el primero, siendo superior en este muestreo el del tratamiento 4 (estiércol fresco procedente de cerdos alimentados con desperdicios de cocina).



Para todos los muestreos analizados los tratamientos que presentaron menor disponibilidad de oxígeno fueron el tratamiento 2 y 4 (Estiércol fresco procedente de cerdos alimentados con concentrado y con desperdicios de cocina, respectivamente) excepto en el muestreo 1 que el tratamiento 4 presentó mayor oxígeno disuelto.

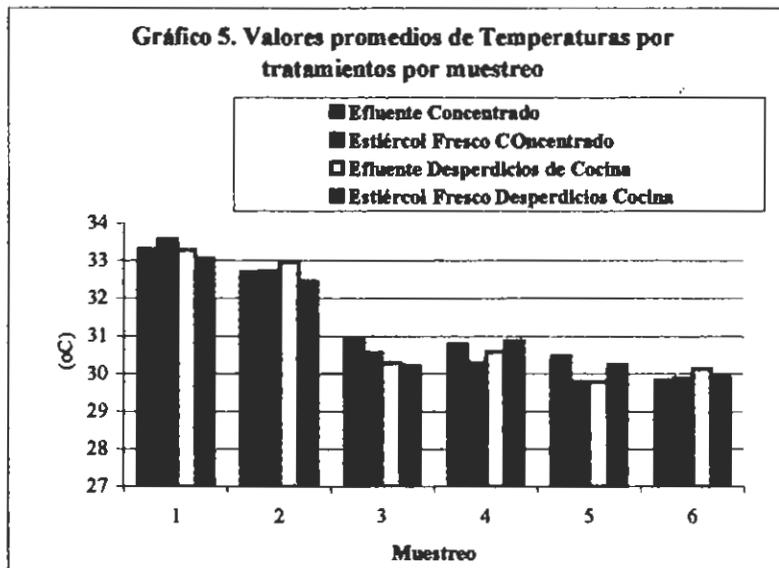
Los tratamientos T1, T2, T3, y T4 alcanzan valores promedios de 12.03, 8.43, 9.40 y 9.39 respectivamente, siendo el T1 en el cuarto muestreo el que alcanza valores promedios superiores debido posiblemente a estos tres factores: la fotosíntesis, la tasa de consumo de este gas por los procesos respiratorios de toda la comunidad biótica y la tasa de transparencia hacia la atmósfera en la interfase aire-agua (Hepher y Pruginin, 1981).

6.5.2. Temperatura

La temperatura es una de los factores más importantes en el ambiente acuático. De hecho es imposible que ningún otro factor tenga tan profunda influencia en la

productividad de los ecosistemas acuáticos y produzca tantos efectos directos e indirectos (Arredondo y Ponce, 1998).

El Gráfico 5 muestra los valores promedios de la temperatura en los muestreos realizados cada 14 días por tratamiento, donde se observa que dentro de cada muestreo, los promedios de temperatura fueron un poco similares para todos los tratamientos, pero fueron diferentes entre muestreo pues la temperatura en general tiende a disminuir desde el primero al sexto muestreo.



De manera general los muestreos realizados en los tratamientos de este experimento presentan homogeneidad en la temperatura de la columna de agua en los estanques. La temperatura promedio de los tratamientos de acuerdo a los datos registrados fueron: 31.35°C, 31.15°C, 31.18°C y 31.13°C respectivamente, las que concuerda con la temperatura ambiental del lugar.

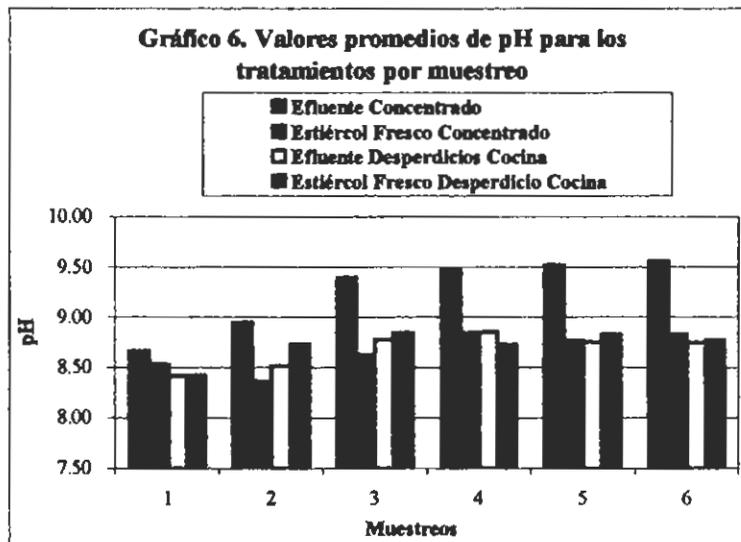
En general los estanques objetos de este estudio alcanzan una temperatura similar a la ambiental, debido a su poca profundidad y a su extensión en superficie en comparación con su volumen (Arredondo y Ponce, 1998).

6.5.3. pH

El pH representa una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en solución. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en el agua.

Una manera de conocer y entender las condiciones químicas que prevalecen en aguas naturales, es a través de la determinación de la concentración de hidrogeniones. (Cole, 1975 y Boyd, 1979).

El Gráfico 6 muestra los valores promedios de las muestras realizadas cada 14 días por tratamiento, donde se observa que hubo un comportamiento similar del pH en todos los muestreos.



En general el pH presenta una tendencia a incrementar desde el primero al sexto muestreo y en todos los mayores promedios se observan en el tratamiento 1. Los promedios del resto de tratamientos no variaron grandemente en todos los muestreos.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 de los muestreos realizados en el experimento mostraron valores promedios de 9.26, 8.66, 8.68 y 8.72 respectivamente.

De acuerdo a los datos registrados, el pH presentó un valor mínimo de 8.66 y un máximo de 9.26, siendo el promedio de 8.8, el comportamiento de T1 con pH encima de 9 puede ser debido a una intensa fotosíntesis (Boyd, 1979; King, 1970).

El promedio de pH obtenido esta dentro del rango normal que establece Swingle, citado por Arredondo y Ponce (1998) de 6.5 a 9.

6. 6. Análisis económico

En la Tabla 2. se presenta el análisis de presupuestos parciales para los tratamientos en estudio. Considerando el criterio de procesamiento del producto procedente de un mismo origen se observa que los tratamientos T₂ y T₄ presentan mayor utilidad que los tratamientos T₁ y T₃, lo que indica que tanto cuando proceden de cerdos alimentados de concentrados y desperdicios de cocina deja mayor utilidades aplicar el estiércol fresco directamente a los estanques que procesarlo por biodigestión.

Considerando un mismo tipo de producto en función de su origen, tanto el tratamiento T₃ como el T₄ dejan mayor utilidad que los tratamientos T₁ y T₂ lo que indica que tanto, utilizando el estiércol procesado (efluentes) como sin procesar (estiércol fresco) el productor obtiene más utilidades cuando provienen de cerdos alimentados con desperdicios de cocina.

El tratamiento que mayor utilidad deja es el tratamiento T₂, que es además el tratamiento que presentó el mejor comportamiento en la talla y peso de las tilapias.

Tabla 2. Análisis de presupuestos parciales para los cuatro tratamientos analizados

Análisis	Beneficio	Costo	Utilidad
T1 con T2	1. Costos reducidos 100% efluente concentrado US \$ 26.08 2. Nuevos ingresos Venta de Tilapias Fertilizado con 100% estiércol concentrado US \$ 6.65 TOTAL 1+2= 32.73	1. Nuevos costos 100% estiércol concentrado US \$ 3.31 2. Ingresos reducidos Venta de tilapias Fertilizado 100% efluente concentrado TOTAL 1+2= 7.15	Beneficio Utilidad TOTAL= 25.28
T1 con T3	1. Costos reducidos 100% efluente concentrado US \$ 26.08 2. Nuevos ingresos Venta de Tilapias Fertilizado con 100% efluente DDC US \$ 3.64 TOTAL 1+2= 29.72	1. Nuevos costos 100% efluente DDC US \$ 4.84 2. Ingresos reducidos Venta de tilapias Fertilizado 100% efluente concentrado US \$ 3.64 TOTAL 1+2= 8.69	Beneficio Utilidad TOTAL= 21.03
T2 con T4	1. Costo reducidos 100% estiércol concentrado US \$ 3.31 2. Nuevos Ingresos Venta de Tilapias Fertilizado 100% Estiércol D.D.C. US \$ 6.34 TOTAL 1+2= 9.65	1. Nuevos costos 100% estiércol DDC US \$ 0.57 2. Ingresos reducidos Venta de Tilapias Fertilizado 100% Estiércol concentrado US \$ 6.65 TOTAL 3+4= 7.22	Beneficio Utilidad TOTAL = 2.43
T3 con T4	1. Costo reducidos 100% efluente DDC US \$ 4.84 2. Nuevos Ingresos Venta de Tilapias Fertilizado 100% Estiércol D.D.C. US \$ 6.34 TOTAL 1+2= 11.18	1. Nuevos costos 100% estiércol DDC US \$ 0.57 2. Ingresos reducidos Venta de Tilapias Fertilizado 100% Efluente DDC US \$ 3.64 TOTAL 3+4= 4.21	Beneficio Utilidad TOTAL = 6.97

Considerando las utilidades de los tratamientos puede estimarse las utilidades por hectárea que serían: para el tratamiento T₂ 15, 172 US dólares por periodo evaluado, obteniéndose 1,233,60 kg de tilapia. Asimismo para el tratamiento T₄ da una utilidad por hectárea de 16, 607.35 US dólares por periodo evaluada, obteniéndose 1174.37 kg de tilapia.

VII. CONCLUSIONES

Después de analizar y discutir la información del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- ◆ Los cuatro tratamientos orgánicos evaluados son potenciales fertilizantes para el cultivo de tilapias por su buen comportamiento productivo y económico.
- ◆ Para todas las variables analizadas (peso, talla, GMD) el tratamiento que mejor comportamiento presentó fue el T₂ (estiércol fresco procedente de cerdos alimentados con concentrado) seguido del T₄ (estiércol fresco procedente de cerdos alimentados con desperdicios de cocina). Asimismo el peso y la talla fueron aumentando conforme el tiempo de muestreo.
- ◆ El peso de las tilapias utilizadas en el ensayo se vió afectado en un 91 % por el comportamiento de la talla.
- ◆ Todos los parámetros de calidad del agua (Oxígeno disuelto, pH y temperatura), estuvieron dentro de los parámetros recomendados para la producción de tilapias.
- ◆ Económicamente considerando el proceso de los tratamiento, tanto el que procede de cerdos alimentados con concentrado como el de desperdicios de cocina, da mayores utilidades aplicar el estiércol fresco directamente a los estanques que procesarlos por biodigestión. Considerando el origen de los tratamientos, tanto utilizando los efluentes como estiércol fresco el productor obtiene mas utilidades cuando provienen de cerdos alimentados con desperdicios de cocina.

VIII RECOMENDACIONES

- ◆ Dado que el comportamiento productivo de las tilapias con los fertilizantes evaluados fue bueno, es recomendable realizar ensayos similares en los que se incluya como objetivo además el análisis de calidad de las carnes.

IX. BIBLIOGRAFIA

- ADPESCA. 1998. Informe de Producción. Managua. Nicaragua. pp 1.
- Allen, G. & Hopher B. 1979. reciclaje de desechos mediante la acuicultura e impedimentos que se oponen a una mayor utilización de este sistema: En Pillay, T. V. R. y Dill, W., A. (eds) *Advances in Aquaculture Fishing* New Book Ltd., Farnham, Surrey, England. Pp. 478.
- Arredondo F. J .L. 1987. Policultivo experimental de ciprinidos asiático en México. Tesis de doctorado en Ciencias del Mar. (Especialidad oceanográfica, biológica y pesquera.). Colegio de Ciencias y Humanidades. Unidad académica de los ciclos profesionales y de postgrado. UNAM. Pág. 129.
- Arredondo F. J .L. 1993. Fertilización y Fertilizantes. Uso y manejo en la acuicultura. Unidad Ixtapalapa. UNAM. Pág. 202.
- Arredondo F. J. L. & Ponce, J. T. 1998. Calidad de agua en acuicultura. México. A. G. T. Editor S. A. Pág. 222.
- Bardach, J. ; Rhyter, J. & McLareney, W. 1990. Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. A. G. T. Editor S. A. México. D. F. Pág. 741.
- Behrends, L. L. 1983. Fish production and community metabolism in organically fertilized fishponds. *J. Word Maricul Soc.* 14. Pág. 522.
- Beteta, H. T. B. 1996. Experiences of recycling manure in two region of Colombia. Thesis of MSc. Uppsala University. Sweden. pp 68.
- Bodis, G. & Souza, B. 1987. Marreco e peixe Cariaco en consorcio Brasilia. CODEVASF. Pág. 35.

- Boyd, C. E. & Snow, J. R. 1975. Fertilizing farm fishponds. Auburn University Agric. Exp. STn., Auburn, Alabama, Leaflet. Pág. 88.
- Boyd, C. E. 1976. Nitrogen fertilizer effects production of tilapia in ponds fertilized with phosphorous and potassium aquaculture. Pág. 390.
- Boyd, C.E. 1979. Water quality in warm-water fish pond. Auburn University. Agricultural experiment station. Auburn. Alabama. Pág 359.
- Boyd, C. E. 1982. Water quality management for ponds fish culture, developments in aquaculture and fishery sciences, 9 Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Oxford, New York, 318 Pag.
- Buck, D. H.; Baour, R. J. & Rose, C. R. 1979. Experimentos de reciclaje de estiércol de cerdo en estanques piscícolas: En Pillay, T. V. R. y Dill, W, A. (eds) *Advances in Aquaculture*, Fishing News Book Ltd., Farnham, Surrey, England. 489 pp.
- Chará, J. 1995. Producir y descontaminar. Las ventajas de integrar las actividades agropecuarias con la agricultura en condiciones tropicales. Tesis MSc. Santiago de Cali. CIPAV. Pág. 88.
- Cole, G. A. 1975. *Textbook of limnology* the C. V. Mosby Co. Saint Louis, Mo. Pág. 283.
- Delmendo, M. N. 1980. A review of integrated livestock fowl fish, farming systems, En: in R.V.S. polling and ZH. Sheha de h (eds). *Integrated agriculture aquaculture farming systems*. ICLARM Conference proceeding 4. Los Baños, Laguna. Phillipines.
- Díaz, G. J. & Vásquez A., M. 1989. Desarrollo de la acuicultura en Cuba. Manejo de estación y pesquería en aguas interiores. Pág. 69

- Edwards, P. 1980. Food potential of aquatic macrophytes ICLARM studies and reviews. Manila, Philippines. Pág. 51.
- Edwards, P. y Kaewpaitoon, K. 1984. Fish culture for small scale farmers. Environmental sanitation information center Asian Institute of technology. Bangkok Thailand. Pág 44.
- Edwards, P., Kamal, M. & Wee, K. L. 1985. Incorporation of composted and dried water hyacinth in pelleted feed for the tilapia *Oreochromis niloticus* (Peters). Aquaculture and fisheries management. Pág 248.
- Figueróa, V. & Sánchez, M. 1997. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Pág. 255.
- Fry, L. 1976. Methane digesters for fuel gas and fertilizers. New Alchemy Institute Wood. Hole, Massachusetts. USA. Pág. 46.
- González, N.; León, S.; Corrella, R.; Ruiz, R. & Solís, E. 1987. Producción de tilapia híbrida. (T. hornorum macho x mossambica hembra), con gallinaza como fertilizante y el efecto de este sobre la calidad del agua. Rev. Lat. Acui. Lima, Perú. Pág. 32:12.
- Gulland, J. A. & Rosenberg, A. A. 1992. Examen de los métodos que se basa en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO. Pág. 114.
- Gupta, M & Noble, F. 1992. Integrated poultry fish farming in: farmer proven integrated agriculture, aquaculture: a technology information kit. ICLARM II. R.R.
- Hepher, B. & Pruginin, Y. 1991. Cultivo de peces comerciales basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Edit, Limusa S. A. México, D. F. 4

- Hepher, B. & Pruginin, Y. 1981. Commercial fish farming., John Wiley and Sons (Publishers) Inc. New York. Pág. 261.
- Hohlfeld J. & Sass, L. 1986. Production and fertilizing of biogas in rural areas of industrialized and developing countries. G. T. Z. Eschborn, Alemania.
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Traducida del inglés por Jiménez, S. H. 1ra. Edición. IICA. San José. Costa Rica. Pág. 216
- King, D. L. 1970. The role of carbon in autrophication J, water pollution control fed. Pág. 2051.
- Little, D. & Murr, J. 1988. A guide to integrated warm water aquaculture Institute Aquaculture, University of Stirling, Scotland. Pág. 238.
- Lloyd, R. 1992. Pollution and fresh water, fish fishing New Books, Oxford . 1era. Edición. Pág. 176.
- LUU. 1992. The V. A.C.. Systems Northern Vietnam In: farmer proven integrated agriculture Aquaculture: A technology information kit. ICLARM/IR.
- Marchaim, U. 1992. Biogas process for sustainable development. FAO. Aquicultural services bolletin 95. Roma.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Edición Omega S. A. Barcelona. Pág. 1010.
- MEDEPESCA. 1995. Curso Nacional "Agroacuicultura o Acuicultura Integrada" Realizado en granja demostrativa de cultivo de peces, Managua, Nicaragua. 151 pp.
- Miller, J. W. 1976. Fertilization and feeding practices in warm water ponds fish culture in Africa. CIFA Tech. Pág. (4) Suppl. 1: 512-541.

- Morales, D. 1991. La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquería. A. G. T. Editor S. A. México, D. F. Pág. 190.
- NACA. 1989 Integrated fish farming in China. NACA technical manual 7 A. Word day publication of the network of aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. Pág. 278.
- Odum, E. P. & De la Cruz, A. 1967. "Particulate organic detritus in Georgia Sal marsh-estuarine ecosystem". Estuaries, Pág. 389.
- Olah J., Sinna, V.R.P. Ayyappan, S.; Purushothaman, C. S. y Rhadeyshyan, S. 1986. Primary production and fish yield in fish ponds under different management practices aquaculture. Pág 122.
- Pérez V., M. 1997. Política cubana de recuperación de todo tipo de desperdicios y sub-productos para la producción porcina y saneamiento ambiental. En: Vilda Figueroa (IIPM) y Manuel Sánchez (FAO) Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. FAO, Roma. Pág 253.
- Pérez, L. 1993. Pautas básicas para el análisis financiero de proyectos agropecuarios, in: proyectos de inversión para pequeñas empresas rurales. Manual de capacitación a técnicos de campo. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. Pág. 292.
- Porras, D. 1981. Sobre la utilización de acuicultura de fertilizantes orgánicos, (desechos y excretas). En revista Latinoamericana de Acuicultura. No. 9. Sep. 1981.
- Porras, D. 1984. Estrategias y alternativas de integración a utilizar con los fertilizantes orgánicos en acuicultura. En Revista Latinoamericana de Acuicultura. No., 20 Junio 1984.

- Pretto, R. 1980. Aprovechamiento de las aguas y excretas de la explotación porcina para el cultivo de peces en Panamá. En Revista Latinoamericana de Acuicultura. No. 3. 1980.
- Ramos, A. 1984. Piscicultura rural: Tilapia carpa y Bocachico. Manizales. Universidad de Caldas. Pág. 41.
- Revista del campo Productores. 1997. No. 45. Managua. Nicaragua.
- Saavedra, M. A.; Mayorga, N. A. & Miranda, E. 1996. Curso básico cultivo de tilapia. MEDEPESCA, FACA. UNA. Pág. 119.
- Salazar, G. & Cuarón, J. 1997. Uso de los desechos de origen animal en México. En: Vilda Figueroa (IIP) y Manuel Sánchez (FAO). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. FAO. Roma. 253 pp.
- Sánchez, V. 1997. Alimentación de peces Tilapia nilótica con un contaminante ambiental de moscas domésticas. Tesis. Escuela de Agricultura de Estelí. Nicaragua. 22 pp.
- Schroeder, G. & Hepher, B. 1979. Use of Agricultural and Urban Wastes in Fish Culture. En: Pillay, T. V. R. y Dill, W., A (eds) Advances in Aquaculture Fishing News Book Ltd., Farnham, Surrey, England. 487 pp.
- Schroeder, G. L. 1974. Use of fluid cowshed manure in fishponds. Bamidgeh, 8496 pp.
- Schroeder, G. L. 1975. A nighttime material balance for oxygen in fishponds receiving organic wastes. Bamidgeh, 74 pp..
- Schroeder, G. L. 1978. "Autotrophy and heterotrophic production of microorganism in intensively fishpond and related fish yields" Aquaculture. Pág 325.

- Schroeder, G. L. 1980. Fish farming in manured-loaded ponds. In: Polling R.S.V. Y. Shehad, ZH. (eds) integrated agriculture, Aquaculture farming systems, ICLARM Conference proceeding 4. Los Baños, Laguna, Phillipines.
- Taiganides, E. P. 1978. Principles and techniques of animal waste management and utilization. FAO. Soils Bull 362 pp.
- Talling, J. F.; Wood, B. R.; Proser, V. & Baxter, M. 1973. The upper limit of photosynthetic productivity of phytoplankton, evidence from Ethiopian soda lakes freshwat. Biol; 76 pág..
- Tang, Y. A. & Chen, S. H. 1967. A survey of the algal pastures soils of milkfish ponds in Taiwan. FAO fish Rep. 209 pp.
- Tercero, H. & Trujillo, R. 1993. Evaluación de crecimiento en peso y talla en tres especies de tilapia en la finca Los Chilamates, Estelí, Nicaragua.. Pág. 15.
- Tripathi & Sharma. 1992. Integrated fish duck farming in: farmer proven integrated agriculture, aquaculture technology information kit. ICARRM II RR.
- Universidad de Antioquia. 1993. El Libro del agua. Medellín. Colombia. pp 144.
- Waynarovich, E. 1979. The feasibility of combining animal husbandry with fish farming, with special reference to duck and pig production. En: Pillay T.R.V. y Dill, W. A. (eds) Advances in aquaculture. Fishing New Book Ltd. Farmhand surrey, England. Pag. 203.
- Wohlfarth, G. W. & Schroeder, G. W. 1979. Use of manure in fish farming-a review agricultural wastes, 1:279-299.

X. ANEXOS

Anexo1. Análisis de Varianza para las variables analizadas en el experimento

F. Variación	gl	Peso		Talla		GMD	
		CM	Sig	CM	Sig	CM	Sig
Tiempo (C/14 días)	5	20502.7	***	239.26	***		
Tipo de fertilizante	3	28847.4	***	272.06	***	170.74	***
Tiempo* T.Fertilizante	15	1520.9	***	16.18	***		
Error	264			1.42		16.72	
CV		17.47		7.46		38.2	

Anexo 2. Pruebas de Tuckey para las variable peso de las Tilapias de acuerdo a los tratamientos

Tratamientos	Peso (g)	
T ₂	83.50	a
T ₄	79.57	a
T ₁	48.31	b
T ₃	45.75	b

Anexo 3. Pruebas de Tuckey para las variable talla de las Tilapias de acuerdo a los tratamientos

Tratamientos	Talla (cm)
T ₂	18.05 a
T ₄	17.27 a
T ₁	14.5 b
T ₃	14.19 b

Anexo 4. Pruebas de Tuckey para las variable peso de las Tilapias de acuerdo al tiempo de evaluación (muestreo)

Muestreo	Peso (g)	
6	94.23	a
5	79.41	b
4	67.09	c
3	58.17	d
2	50.19	e
1	36.61	f

Anexo 5. Pruebas de Tuckey para las variable talla de las Tilapias de acuerdo a al tiempo de evaluación (muestreo)

Muestreo	Talla (cm)	
6	19.19	a
5	17.37	b
4	16.56	c
3	15.52	d
2	14.56	e
1	12.80	b

Anexo 6. Pruebas de Tuckey para las variable Ganancia Media Diaria de las Tilapias de acuerdo a los tratamientos en estudio.

Tratamientos	GMD (g)
T ₂	16.38 a
T ₄	14.10 a
T ₁	6.52 b
T ₃	5.8 b

Anexo 7. Cálculo de ingresos y egresos para el análisis económico

	T1 100% efluente concentrado	T2 100% estiércol concentrado	T3 100% efluente DDC	T4 100% estiércol DDC
EGRESOS				
Fertilización (adición \$/kg)	0.06*434.7	0.29*11.4	0.011*440.1	0.05*11.59
TOTAL	26.082	3.31	4.84	0.57
INGRESOS				
Ventas Peso \$/kg	3.19*1.20	3.19*2.08	3.19*1.14	3.19*1.98
TOTAL	3.82	6.63	3.64	6.34

Anexo 8. Costos por Tratamientos

Tratamiento 1

CONCEPTO	COSTOS US \$
Agua	65.30
Fertilizante	26.08
Tilapias	5.49
Chinchorro	5.89
Tubería	17.54
Protección	5.66
Combustible	8.21
Mano de Obra	12.49
Biodigestor	194.90
Total	341.56

Tratamiento 2

CONCEPTO	COSTOS US \$
Agua	65.30
Fertilizante	3.31
Tilapias	5.49
Chinchorro	5.89
Tubería	17.54
Protección	5.66
Combustible	8.21
Mano de Obra	12.49
Total	123.89

Tratamiento 3

CONCEPTO	COSTOS US \$
Agua	65.30
Fertilizante	4.84
Tilapias	5.49
Chinchorro	5.89
Tubería	17.54
Protección	5.66
Combustible	8.21
Mano de Obra	12.49
Biodigestor	194.90
Total	320.32

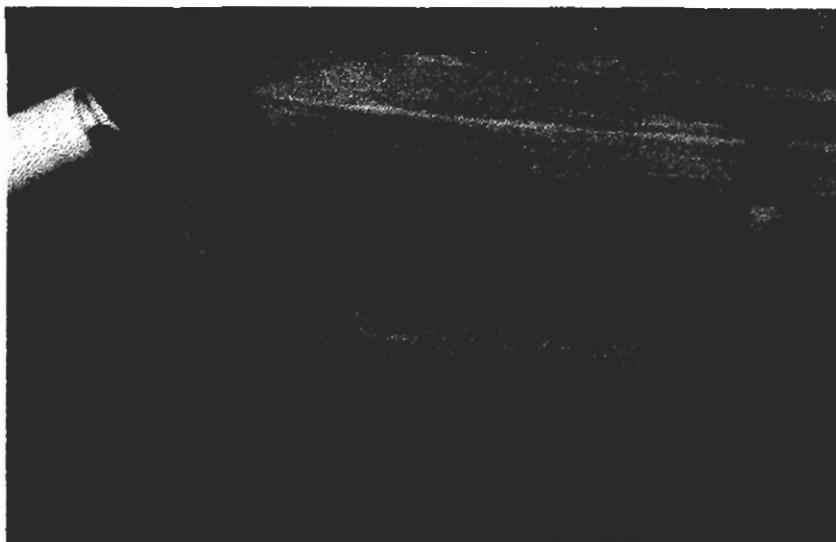
Tratamiento 4

CONCEPTO	COSTOS US \$
Agua	65.30
Fertilizante	0.57
Tilapias	5.49
Chinchorro	5.89
Tubería	17.54
Protección	5.66
Combustible	8.21
Mano de Obra	12.49
Total	121.15

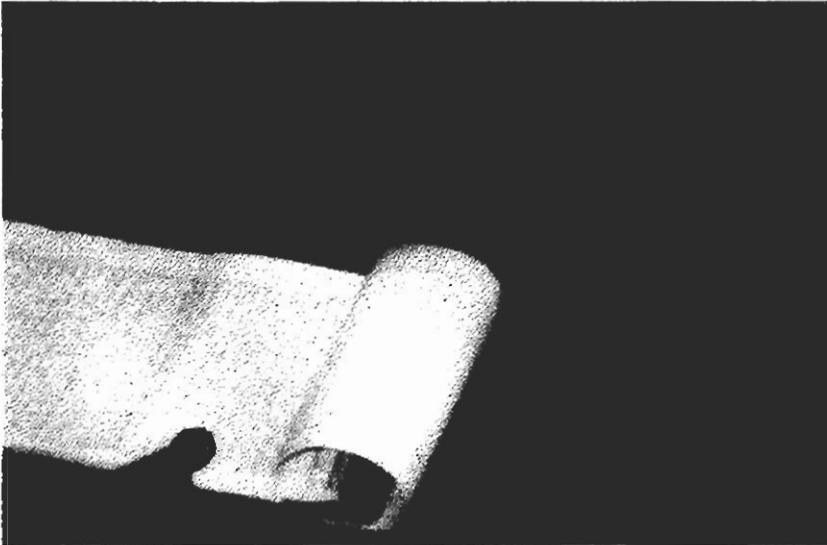
**Anexo 10. Pesaje y medición de fertilizantes a adicionar a estanques de tilapias.
Hacienda las Mercedes**



Anexo 11. Medición de pH, en estanques de cultivos de tilapias. Hacienda Las Mercedes



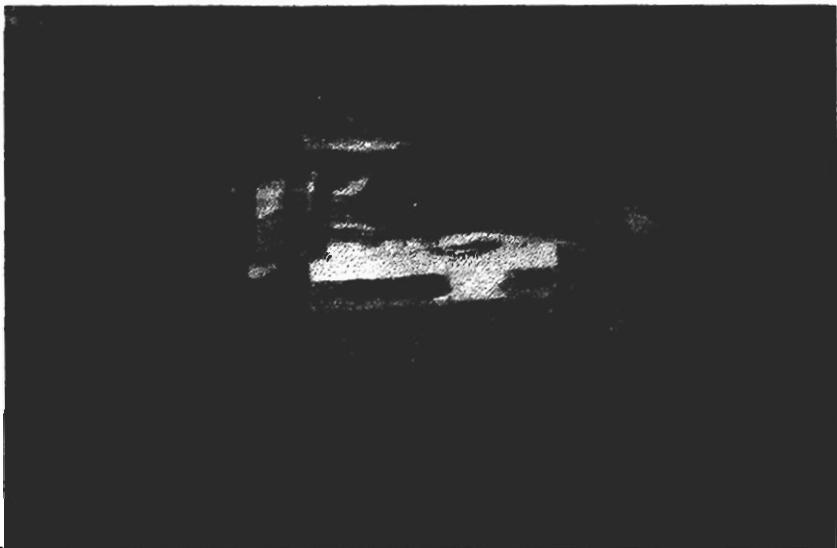
**Anexo 12. Medición de Oxígeno disuelto en estanques de cultivos de tilapias.
Hacienda Las Mercedes.**



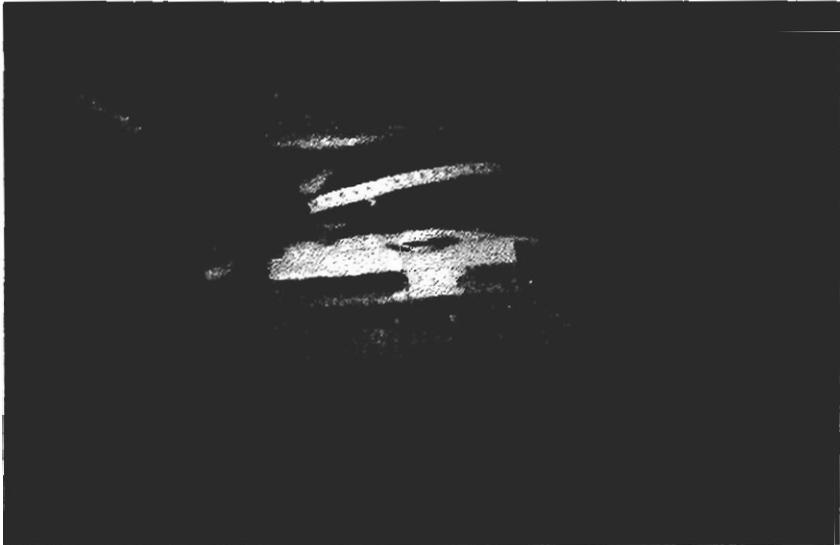
Anexo 13. Muestreo de tilapias. Hacienda Las Mercedes



Anexo 14. Pesaje de tilapias. Hacienda Las Mercedes



Anexo 15. Mediciones de tallas de tilapias. Hacienda las Mercedes.



Anexo 14. Pesaje de tilapias. Hacienda Las Mercedes



Anexo 15. Mediciones de tallas de tilapias. Hacienda las Mercedes.

