

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ZOOPLANCTON EN
ESTANQUES FERTILIZADOS CON ESTIÉRCOL DE ALPACA Y OVEJA
(CIDAB – TIQUINA)**

FABIOLA FATIMA ENCINAS ASPIAZU

LA PAZ – BOLIVIA

2006

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ZOOPLANCTON EN
ESTANQUES FERTILIZADOS CON ESTIÉRCOL DE ALPACA Y OVEJA
(CIDAB – TIQUINA)**

Tesis de Grado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

FABIOLA FÁTIMA ENCINAS ASPIAZU

Tutores:

Ing. Yasushi Hamamitsu

Ing. Agr. Victor Castañon Rivera

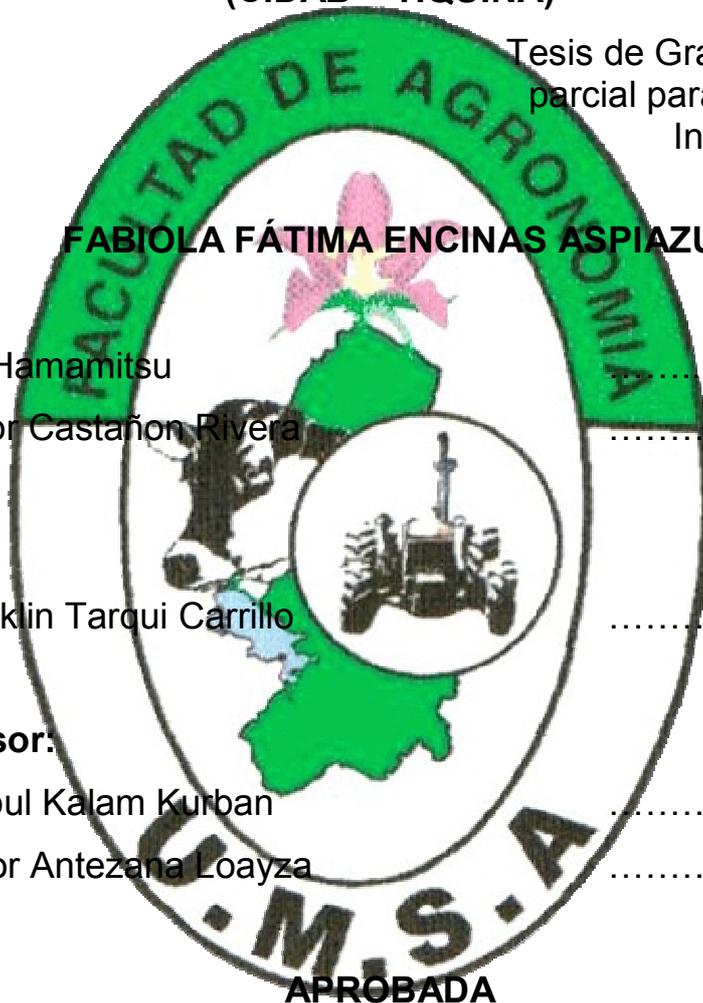
Asesor:

Ing. Agr. Franklin Tarqui Carrillo

Comité Revisor:

Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban

Ing. Agr. Fanor Antezana Loayza



DECANO:

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera

DEDICATORIA

*A mis padres Samuel y Clorinda ejemplo de transparencia y amor.
A mis hermanos, Helem, Giobany por su fortaleza y unión.
A mi abuelo Guichi y a mis sobrinos Samy, Ale y Miguel pilares
de mi vida, A mi esposo y amigo Abdón por su comprensión, amor
y sobre todo su paciencia.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la oportunidad de la vida y por haberme regalado a un Padre maravilloso, Samuel, al cual le debo los mejores momentos, ahora entrañables recuerdos.

A mi mamá, Clory, por enseñarme cada día que aún en la peor de las tormentas uno tiene que ser fuerte y seguir adelante sin perder la FE.

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a mi asesor; Ingeniero Franklin Tarqui Carrillo por la orientación recibida, las observaciones hechas en el presente estudio y por su permanente apoyo, pero sobre todo por su amistad; a mis tutores Ingeniero Yasushi Hamamitsu, por las oportunas y acertadas sugerencias hechas antes y durante la realización del ensayo, al Ingeniero Victor Castañon por el planteamiento y sugerencias del trabajo de investigación.

A mi tribunal revisor, Ph.D. Abul Kalam e Ing. Fanor Antezana por las observaciones realizadas y sugerencias para llegar a la culminación de este documento, destacando sobre todo su comprensión. Al Lic. Calcinas por las recomendaciones y ayuda bibliográfica.

A la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), por su incalculable apoyo y destacada participación, muchos estudiantes tenemos la oportunidad de lograr nuestras más deseadas metas profesionales.

A los Ingenieros y técnicos del Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB – TIQUINA); Ing. Santiago Morales, Ing. Ronald Vega, Ing. Rodrigo Santibañez, Agustín, Crispín, Denver, Victor, Florentino, Mario, Santos por la orientación y apoyo durante la realización del trabajo de campo.

A la Facultad de Agronomía por haberme acogido en mi vida universitaria, al plantel docente que gracias a sus conocimientos hoy en día tengo una formación profesional. Al plantel administrativo especialmente a la Sra. Charo, Sra. Gabriela, Sra. Carmen, Sra. Angela, Erick de quienes siempre he recibido una gran colaboración.

A mis amigos del corazón, Daría y Juan José, que siempre me brindaron su apoyo en los buenos y malos momentos, gracias por impulsarme y trabajar conmigo para culminar mi documento. A Ericka, Edwin, Shere, Alfredo, Marcelo, Danitza, Ramiro por los momentos compartidos.

A mi babita y a mi gorda por ser los hermanos que son y por regalarme la felicidad a través de mis sobrinos junto a Tatum y Pepe. A mi abuelo Guichi y a mi tío Javier por protegernos, cuidarnos e intentar cubrir lo incubible.

A ti Abdón por acompañarme en este camino de casi cuatro años de los cuales valoro tu desprendido apoyo con mi familia en momentos difíciles, gracias por tratar de enseñarme a tener paciencia y a escuchar. Gracias por tu cariño, tu amor y por intentar bajar estrellas del cielo para mí.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix

INDICE

Capítulo		Página
	RESUMEN	i
I	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
II	REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1	Ecosistema	4
2.1.1	Componentes de un ecosistema acuático	5
2.2	Plancton	5
2.2.1	Según su naturaleza	6
2.2.2	Según su tamaño	6
2.2.3	Según su permanencia	7
2.2.4	Según su origen	7
2.3	Zooplancton	8
2.3.1	El zooplancton y su papel en la piscicultura	9
2.3.2	Estudios del zooplancton en el lago Titicaca	10
2.3.3	Distribución espacio-temporal de los Copépodos, Cladóceros y Rotíferos en el lago Titicaca	10
2.3.4	Aspectos taxonómicos de zooplancton en el lago Titicaca	12
2.3.5	Características importantes del zooplancton	17
2.3.5.1	Rotíferos	17
2.3.5.2	Crustáceos	17
2.3.5.2.1	Comunidad Cladóceros	17
2.3.5.2.2	Comunidad de Copépodos	20

Capítulo		Página
2.3.6	Factores que influyen en el zooplancton	20
2.3.6.1	La luz	21
2.3.6.2	La temperatura	21
2.3.6.3	Gases disueltos	22
2.3.6.4	Dióxido de carbono	22
2.4	Fertilizantes	23
2.4.1	Fertilización de estanques	23
2.4.2	Utilización en acuicultura de fertilizantes orgánicos	25
2.4.3	Características ecológicas y reciclaje de estiércol animal	26
2.4.4	Costo de fertilización orgánica	27
2.5	Los estiércoles	28
2.5.1	El estiércol	28
2.5.2	Características del estiércol	29
2.5.3	Estiércol de oveja y alpaca	30
2.6	Parámetros físico – químicos del agua	31
2.6.1	Medida del contenido orgánico	31
2.6.2	Demanda química de oxígeno	32
2.6.3	pH	33
III	MATERIALES Y METODOS	34
3.1	Localización	34
3.1.1	Ubicación geográfica	34
3.1.2	Características climáticas	35
3.2	Materiales	35
3.2.1	Infraestructura	36
3.2.2	Fertilizante orgánico	37
3.2.3	Material y equipo de campo	37
3.2.4	Equipos de laboratorio	37
3.2.5	Materiales de laboratorio y Reactivos	38

Capítulo		Página
3.3	Metodología	38
3.3.1	Preparación de estanques	40
3.3.2	Análisis químico del estiércol	40
3.3.3	Pesado del estiércol	40
3.3.4	Incorporación del estiércol a los estanques	41
3.3.5	Toma de muestras	42
3.3.5.1	Temperatura y pH	42
3.3.5.2	Muestreo de zooplancton	42
3.4	Diseño experimental	44
3.4.1	Análisis Estadístico	45
3.4.1.1	Estadística Descriptiva	45
3.4.1.2	Modelo estadístico	45
IV	RESULTADOS Y DISCUSIONES	47
4.1	Análisis del estiércol de alpaca y ovino	47
4.1.1	Análisis químico del estiércol	47
4.2	Análisis de la producción de zooplancton	48
4.2.1	Producción de zooplancton por tratamiento	48
4.2.2	Producción de zooplancton por familias y tratamiento	49
4.2.3	Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton	53
4.2.3.1	Producción de zooplancton a los 10 días	53
4.2.3.1.1	Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de estiércol a los 10 días	54
4.2.3.2	Producción de zooplancton a los 50 días	56
4.2.3.2.1	Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de estiércol a los 50 días	57

Capítulo		Página
4.2.3.3	Producción de zooplancton a los 100 días	58
4.2.3.3.1	Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de estiércol a los 100 días	59
4.3.	Análisis de las variables físico-químicas	60
4.3.1	Temperatura	60
4.3.2	Ph	61
4.3.3	Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	62
4.3.4	Análisis del contenido de clorofila	63
4.4	Análisis Económico	64
V	CONCLUSIONES	65
VI	RECOMENDACIONES	67
VII	BIBLIOGRAFÍA	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Destino de los nutrientes consumidos por el animal	29
Cuadro 2. Composición química de estiércoles	30
Cuadro 3. Porcentaje de humedad y cantidad de estiércol requerido en la evaluación	40
Cuadro 4. Composición química del estiércol de alpaca y ovino	47
Cuadro 5. Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton (organismos/m ³) a los 10 días	53
Cuadro 6. Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton (organismos/m ³) a los cincuenta días	56
Cuadro 7. Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton (organismos/m ³) a los cien días	58
Cuadro 8. Costos de Producción	64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
Figura 1. Factores abióticos. Tarqui (2003)	4
Figura 2. Factores bióticos. Tarqui (2003)	4
Figura 3. A) <i>Keratella quadrata</i> B) <i>Filinia longiseta</i> C) <i>Polyartha sp.</i> D) <i>Brachionus sp.</i>	12
Figura 4a. <i>Daphnia pulex</i>	13
Figura 4b. <i>Bosmina huarinensis</i>	14
Figura 5. <i>Boeckella titicacae</i> y <i>occidentalis</i>	15
Figura 6. <i>Metacyclops leptopus</i>	16
Figura 7. Mapa Provincia Manco Kapac	34
Figura 8. Ubicación del CIDAB-Tiquina	35
Figura 9. Croquis de los estanques de cemento fertilizados con estiércol de alpaca y oveja CIDAB-Tiquina	36
Figura 10. Pesado del estiércol de alpaca y oveja CIDAB –Tiquina	41
Figura 11. Incorporación del estiércol en los estanques CIDAB – Tiquina	41
Figura 12. Toma de datos de T° y pH del agua CIDAB – Tiquina	42
Figura 13. Muestreo de 10 lts de agua con la red de zooplancton y vaciado de muestra a frasco con formol 10%	43
Figura 14. Vaciado de la muestra de zooplancton a los tubos graduados de 50 ml. Laboratorio CIDAB – TIQUINA	43
Figura 15. Conteo de zooplancton en el microscopio con monitor Laboratorio CIDAB – Tiquina	44
Figura 16. Longitud Rotífero 263 micras Laboratorio CIDAB-Tiquina (2002)	51
Figura 17. Longitud Cladóceros 475 micras Laboratorio CIDAB – TIQUINA	51
Figura 18. Longitud Copépodos a) 1,215 mm b) 609 micras Laboratorio CIDAB – Tiquina	52

INDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA	Página
Gráfica 1. Abundancia de organismos por tipo y dosis de estiércol	48
Gráfica 2. Producción de zooplancton por familias y tratamiento	49
Gráfica 3. Producción de zooplancton por familias y evaluaciones	50
Gráfica 4. Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de Estiércol	54
Gráfica 5. Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de Estiércol a los 50 días	57
Gráfica 6. Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de Estiércol a los 100 días	59
Gráfica 7. Comportamiento de la temperatura por Tipo y Dosis de Estiércol	60
Gráfica 8. Comportamiento del Ph por Tipo y Dosis de Estiércol	61
Gráfica 9. Demanda Química de Oxígeno por Tipo y Dosis de Estiércol	62
Gráfica 10. Contenido de clorofila por Tipo y Dosis de Estiércol	63

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de cenizas totales de los estiércoles utilizados

Anexo 2. Análisis de humedad de los estiércoles utilizados

Anexo 3. Análisis de proteína cruda de los estiércoles utilizados

Anexo 4. Materiales

4.1 Material y equipo de campo

4.2 Equipo de muestreo

4.3 Equipo de laboratorio

4.4 Materiales de laboratorio

4.5 Reactivos

Anexo 5. Abundancia de organismos por especie y tratamiento

5.1 Abundancia de Organismos Tratamiento I

5.2 Abundancia de Organismos Tratamiento I

5.3 Abundancia de Organismos Tratamiento III

5.4 Abundancia de Organismos Tratamiento IV

5.5 Abundancia de Organismos Tratamiento testigo

Anexo 6. Abundancia de organismos por familia y tratamiento durante todo el ensayo

6.1 Abundancia de Organismos Tratamiento I

6.2 Abundancia de Organismos Tratamiento II

6.3 Abundancia de Organismos Tratamiento III

6.4 Abundancia de Organismos Tratamiento IV

6.5 Abundancia de Organismos Tratamiento testigo

Anexo 7. Costos de Producción de Zooplancton

RESUMEN

En la crianza y reproducción artificial de especies ícticas nativas del lago Titicaca es importante garantizar el alimento para la producción masiva y repoblamiento de diferentes especies. El zooplancton tiene un papel vital en las cadenas tróficas de los cuerpos de agua; es el principal constituyente de la dieta de todas las crías de peces.

Con estos antecedentes se planteó la presente investigación que se inició en septiembre de 2001 y finalizó en mayo de 2002, en el Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB) a 110 Km. de la ciudad de La Paz, en el Cantón San Pablo de Tiquina, Provincia Manco Kapac a 3810 m.s.n.m. El objetivo fue; evaluar la producción de zooplancton en estanques fertilizados con estiércol de alpaca y oveja. Para lo cual se estudió el estiércol de alpaca y oveja en dos niveles de fertilización (50 y 100 kg estiércol/100m²) resultando cuatro tratamientos a los cuales se adicionó un tratamiento control (estanques sin fertilización).

Se implementó un factorial 2x2 y un tratamiento extra en el Diseño Completamente Aleatorio, la producción de zooplancton (abundancia en conteo de Cládoceros, Copépodos y Rotíferos), se analizó con el procedimiento Genmod de SASv.8 y el estadístico de Wald. Se evaluó descriptivamente las variables físico químicas; temperatura, pH y Demanda Química de Oxígeno.

El análisis estadístico mostró efectos significativos en la interacción. El estiércol de oveja y 50 kg/100 m², logró la mayor abundancia de organismos en su máxima producción (6,72 millones/m³). Y el estiércol de oveja en dosis de 100 kg/100m², la menor cantidad de zooplancton. La temperatura en los tratamientos fue similar en el ensayo (14-18°C). El pH fue variable en la última etapa experimental, el nivel 50 Kg/100 m² y el testigo tuvieron mayor pH en comparación a las dosis de 100 Kg/100 m² (8,5-10,5). En la Demanda Química de Oxígeno (DQO) el estiércol de oveja y 100 kg/100 m² obtuvo los mayores valores (45-70 mg/l), debido a su alta cantidad de materia orgánica, requiere una mayor cantidad de oxígeno para la oxidación.

I. INTRODUCCIÓN

En Bolivia, la riqueza de los recursos pesqueros, se halla concentrada en tres cuencas: del Altiplano, del Plata y de la Amazonía. El desarrollo de la acuicultura en el lago Titicaca, así como en otras zonas del país, representa un factor muy positivo tanto para lograr una creciente producción de un alimento estratégico como para mejorar significativamente los ingresos de los productores acuícolas locales.

Una parte de la producción de la acuicultura esta referida a la fertilización que es el mejor medio para aumentar la producción piscícola de los estanques, ya que aumenta la cantidad del alimento natural en el agua. (Secretaria de Pesca, 1986). Este incremento de alimento natural lo llevan adelante los países piscícolas desarrollados obteniendo de esta manera zooplancton para beneficiar la etapa de alevinaje en los peces.

1.1 Antecedentes

La aplicación de fertilizantes en la acuicultura no es una actividad nueva, estos han sido usados por milenios en China y por siglos en otros países (Secretaría de Pesca, 1986).

Según Barnabé (1996), investigaciones fundamentales recientes, han puesto en evidencia procesos que son simultáneamente de producción primaria y de interacciones pertenecientes a la vida microscópica, y que hasta el presente habían pasado inadvertidos.

1.2 Justificación

La actividad de pesca extractiva en la cuenca del Lago Titicaca, se ha incrementado año tras año más que todo como un factor de desbalance en el equilibrio ecológico y en la conservación de la biodiversidad íctica de esta cuenca.

En ese sentido el Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano CIDAB, en la actualidad valida investigaciones referidas a la reproducción artificial y crianza para la producción masiva y repoblamiento de especies nativas, pero este trabajo se ve limitado porque hasta la fecha no se dispone de alimento natural en cantidades considerables que permita la cría y recría de estas especies.

La producción piscícola en los Centros acuícolas y la producción pesquera en los cuerpos de agua se halla en relación a la cantidad de alimento disponible. En muchas piscifactorías es común el cultivo de zooplancton en estanques a fin de procurar alimento, esta producción es la base de la explotación piscícola extensiva, por eso es importante conocer la fertilización de los estanques, pues aporta nutrientes necesarios para el florecimiento del fitoplancton y casi al mismo tiempo del zooplancton (Porrás, 1985).

Por otra parte se ha establecido que el alimento natural, que puede ser producido en los estanques a bajo costo, reemplaza a la costosa alimentación artificial. Entonces es conveniente incrementar la producción de alimento natural en estanques. (Hepher y Pruginin, 1985). Para este propósito se utilizan fertilizantes tanto orgánicos como inorgánicos.

Por estas razones, el presente trabajo de investigación plantea dos tipos de estiércol, alpaca y oveja bajo tres niveles de fertilización, para generar alimento natural que favorecerá la crianza, en condiciones de cautiverio, y producción masiva de especies nativas.

1.3 Objetivos

Objetivo General

- Evaluar la producción de zooplancton en estanques fertilizados con estiércol de alpaca y oveja.

Objetivos específicos

- Analizar químicamente el estiércol de alpaca y oveja.
- Evaluar la producción de zooplancton obtenida a partir de los niveles de fertilización.
- Comparar los parámetros físicos-químicos, (Temperatura, pH, demanda química de oxígeno), de los estanques en el ensayo.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos.

Las hipótesis que se consideraron en el presente ensayo fueron:

- **H₀** : El estiércol de alpaca y oveja registran similares efectos químicos.
- **H₀** : Los niveles de fertilización y el tipo de estiércol no presentan diferencias en la producción de zooplancton.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ecosistema

Tarqui (2003), indica que el ecosistema comprende el estudio de la relación del sistema ecológico que rodea al ser. En el lago Titicaca existe una diversidad de especies acuáticas la que se encuentran asociadas y manteniendo en equilibrio el ecosistema acuático.

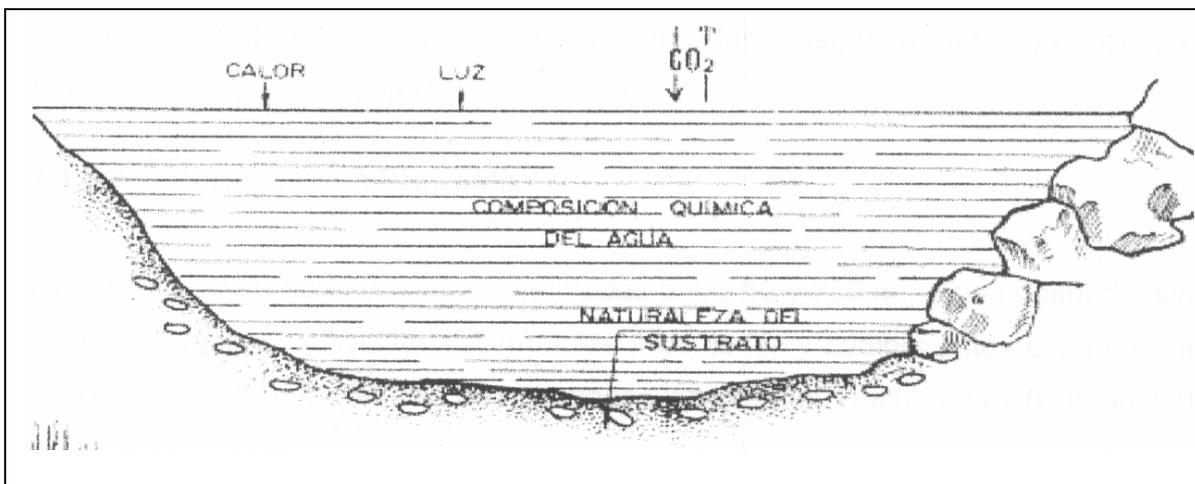


Figura 1. Factores abióticos. Tarqui (2003)

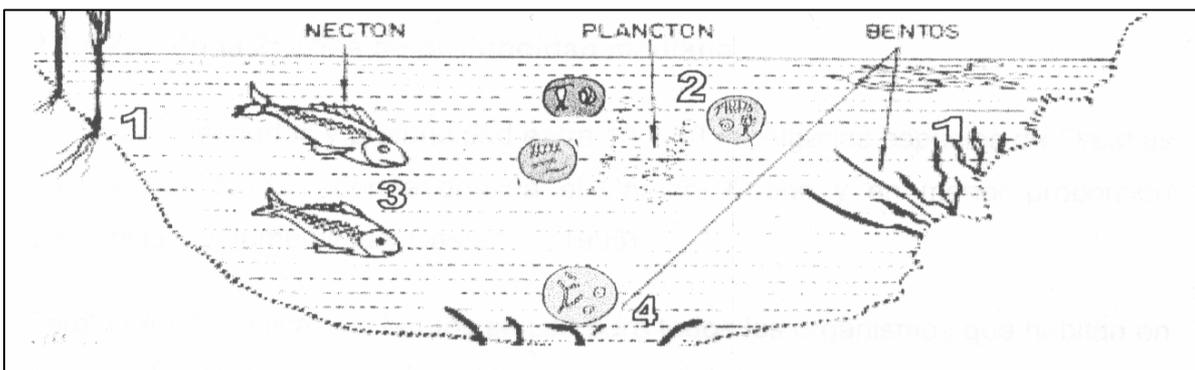


Figura 2. Factores bióticos. Tarqui (2003)

El lago se compone de factores abióticos y bióticos (Figura 1 y 2): abióticos son aquellos que no tienen vida pero son importantes para otorgarla, tales como las características físicas; bióticos son aquellos organismos que tienen vida, tanto animales como plantas (CIDAB, 2002).

2.1.1 Componentes de un ecosistema acuático

Tarqui (2003) indica lo siguiente:

Productores (1). Representan todos los vegetales, plantas superiores e inferiores, hacemos referencia a las plantas acuáticas. (Figura 2).

Consumidores primarios (2). Representado por animales herbívoros, como peces, crustáceos, insectos, moluscos, zooplancton, etc. (Figura 2).

Consumidores secundarios (3). Representados por animales carnívoros y omnívoros, como la Trucha, Pejerrey, etc. (Figura 2).

Desintegradores (4). Representan bacterias y hongos encargados de degradar la materia orgánica de organismos muertos, liberan al mismo tiempo sustancias minerales aprovechados por los productores (Figura 2).

2.2 Plancton

Infante (1998) indica que los lagos y otras masas de agua epicontinentales albergan una amplia variedad de formas de vida tanto en las aguas abiertas, como en los sedimentos y en los substratos. El plancton es la comunidad que vive suspendida en el agua, caracterizada por su limitado movimiento, su pequeño tamaño (varia de unos pocos micrómetros hasta unos pocos milímetros), está conformado principalmente por el fitoplancton y el zooplancton.

El plancton constituye la unidad básica de producción de materia orgánica en los ecosistemas acuáticos. Las zonas de mayor riqueza pesquera en el mundo son aquellas donde el plancton es abundante, puesto que éste forma parte esencial de la dieta de muchos peces (Infante, 1988).

Hensen (1887), propuso el término “plancton” para designar a las partículas vivas llevadas pasivamente por el movimiento del agua y separarlas de las inertes a las que denominó tripton.

El término plancton viene del griego que significa “flotante”. La terminología del plancton es rica y tiende a expresar características como su naturaleza, tamaño permanencia y origen.

2.2.1 Según su naturaleza

Rubin (1979), indica que hay dos tipos de plancton: el fitoplancton o plancton vegetal, que por medio de la fotosíntesis se sustenta de los minerales disueltos en el agua; y el zooplancton o plancton animal, compuesto por microorganismos de este género de vida que flotan entre los mantos de fitoplancton nutriéndose de éste.

Infante (1988) señala que se distinguen tres categorías: bacterioplancton, fitoplancton o plancton vegetal y zooplancton o plancton animal.

2.2.2 Según su tamaño

En cuanto al tamaño (medidas lineales), los términos más corrientemente aceptados, según Wetzel citado por Infante (1988), son los siguientes.

Macroplancton	más de 500 μm
Microplancton	de 50 a 100 μm
Nanoplacton	de 10 a 50 μm
Ultraplacton	de 0,5 a 10 μm

Hutchinson (1961) citado por Infante, incluye los vocablos megaloplancton y mesoplancton, que son de uso poco frecuente, con el descubrimiento de elementos fototróficos de plancton 0,2 y 2,0 μm , se ha introducido un nuevo término: picoplancton.

El límite de tamaño que los autores proponen para aplicar distintos nombres varía conforme al criterio particular de cada uno de ellos. Mientras Nauwerck le asigna al nanoplancton un tamaño límite de 80 μm , Gelin le atribuye apenas 10 μm (Infante, 1988).

2.2.3 Según su permanencia

Según Margalef (1983), el plancton que permanece durante toda su existencia como tal se denomina euplancton. Los seres que son planctónicos durante parte de su existencia forman el llamado meroplancton y el plancton accidental, como pueden ser las formas bentónicas arrancadas del sustrato, constituye el pseudoplancton.

2.2.4 Según su origen

De acuerdo a Margalef (1983), el plancton de los lagos se denomina limoplancton; el de las lagunas, heleoplancton y el de los ríos, potamoplancton. Este último es un término relativamente polémico, por cuanto las formas planctónicas de los ríos provienen muchas veces de los lagos o embalses situados aguas arriba o de las lagunas marginales inundadas. Sin embargo en los grandes ríos del mundo pueden vivir los organismos planctónicos que se caracterizan por ser de vida corta y reproducción rápida.

La comunidad de plancton en su mayoría siempre tiene una distribución heterogénea: en la naturaleza se observan áreas de mayor densidad que aparecen en forma discontinúa. A estas áreas se las denominan manchas o enjambre pudiendo ser grandes o pequeñas, redondeadas o alargadas, esparcidas o muy numerosas. Estas estructuras pueden variar o tener distinto origen relacionado con los procesos de mezcla, por la influencia de la fertilización, por la proximidad de un río o un puerto, un golpe de viento local o pequeños torbellinos debido a la topografía del fondo (Margalef, 1983).

2.3 Zooplancton

Telles y Motte (1985), denominan zooplancton a los organismos animales que viven suspendidos en el agua y son incapaces de nadar contra las corrientes de agua. El zooplancton es el conjunto de organismos exclusivamente animales que comprende protozoos y pequeños crustáceos, medusas, gusanos y moluscos, además de huevos y larvas de muchas especies animales marinas y de agua dulce.

El zooplancton se alimenta de fitoplancton y es el que nutre a animales mayores como los peces, e incluso a los grandes mamíferos marinos como las ballenas (Telles y Motte, 1985).

La presencia y distribución del zooplancton en un sistema acuático, está determinada por la disponibilidad de alimento (detritus, bacterias, fitoplancton), por los cambios climáticos, por los factores físico-químicos y la forma que estos se distribuyen dentro del sistema. Sin embargo existen fluctuaciones en la densidad del zooplancton entre las diferentes épocas del ciclo hidrológico o en otro caso por factores ambientales diarios; vientos, precipitaciones (Robertson y Ardí, 1984).

Margalef (1983), señala que el zooplancton de los lagos tiene tendencia a moverse hacia la superficie durante la noche y a descender a aguas más profundas durante el día.

2.3.1 El zooplancton y su papel en la piscicultura

La importancia del zooplancton radica en que junto con el fitoplancton constituye la base de la cadena trófica en los ecosistemas acuáticos, sirve de alimento a diversos animales acuáticos, principal constituyente de la dieta de todas las crías de peces. Algunas especies de importancia comercial lo siguen ingiriendo en grandes cantidades cuando llegan al estado adulto (Telles *et al.*, 1985).

Los organismos animales de las aguas dulces constituyen un grupo importante al nivel funcional dentro del ecosistema acuático. Han sido objetos de estudios para poder determinar la productividad de un cuerpo de agua, si bien el fitoplancton y las macrófitas son la base de la estructura trófica en los lagos, el zooplancton es un grupo fundamental dentro de la productividad, por sus relaciones tróficas con las plantas y con los demás animales (Wetzel, 1981).

A su vez el zooplancton está representado principalmente por tres grupos: rotíferos y dos subclases de crustáceos, cladóceros (Infante, 1988) y su variación y distribución en los cuerpos de aguas depende fundamentalmente de las condiciones climáticas y edáficas, que a su vez inciden en la calidad del agua.

2.3.2 Estudios del zooplancton en el lago Titicaca

Los primeros estudios sobre el zooplancton del lago Titicaca fueron realizados por investigadores que trabajaron con el material colectado por misiones itinerantes. Así, en 1939 Debeauchamp determina seis especies de Rotíferos y en 1955, Harding realiza un estudio sobre los Cladóceros y Copépodos con las colecciones efectuadas por la expedición Percy Salden en 1937. Posteriormente Kiefer (1957) efectúa una revisión más detallada de los Copépodos con la descripción de nuevas subespecies y en 1967, Ueno realiza un trabajo general sobre el zooplancton del Huiñaimarca, parte boliviana, tomando en cuenta Copépodos, Cladóceros y Rotíferos. Pawley (1982, 1983) analiza la repartición del zooplancton en el Lago Mayor respecto a los nutrientes presentes. Moreno (1983) efectúa un estudio cuantitativo del plancton animal en la zona pelágica del Lago Mayor y determina la abundancia de los microcrustáceos y Rotíferos. En 1987 y 1988, Repelin *et al.* determinan la abundancia espacio temporal del zooplancton en la parte boliviana del lago relativa a Copépodos, Cladóceros y larvas nauplios: realizan mapas de repartición tanto para el Lago Mayor como para el Lago Menor y analizan, también en el Huiñaimarca las migraciones nietemerales de algunos grupos (Dejoux e Iltis, 1991).

2.3.3 Distribución espacio-temporal de los Copépodos, Cladóceros Y Rotíferos en el lago Titicaca.

Dejoux e Iltis (1991) señalan que el estudio sobre el zooplancton realizado en 1980, la población general de microcrustáceos (sin tomar en cuenta los Rotíferos) observada en el Huiñaymarca era de 42% de Copépodos adultos, 31% de larvas Nauplios y 27 % de Cladóceros. La distribución estacional variaba fuertemente, por ejemplo, las concentraciones medias encontradas por metro cúbico fluctuaban entre 24.000 organismos en agosto de 1981 y máximos de aproximadamente 58.000 organismos en marzo de 1981 y respectivamente más de 90.000 y 80.000 en enero y febrero de 1982, las densidades más fuertes correspondiendo a la época de lluvias.

En el Lago Mayor, zona que se extiende entre el estrecho de Tiquina y la isla del Sol, han sido encontradas las más grandes concentraciones de Copépodos a la escala anual durante el período 1984 -85. La densidad media anual alcanzaba casi 60.000 individuos metro cúbico. Con una densidad máxima sobrepasando 119.000 individuos por metro cúbico. Mucho menos abundantes, los Cladóceros presentaban un máximo de densidad media anual en la zona situada al oeste de Santiago de Huata así como cerca del estrecho de Tiquina. Existe muy poca información sobre las poblaciones de Rotíferos, grupo que está, no obstante bien representado en el zooplancton.

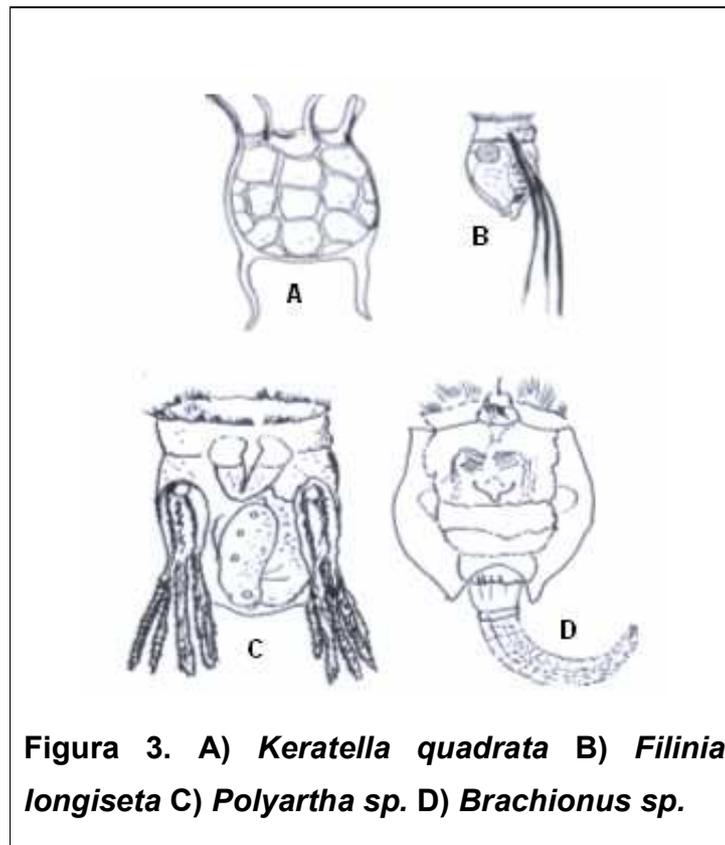
Sarmiento *et al.*, (1987), señalan que existe predominancia de rotíferos y crustáceos (Copépodos y Cladóceros) en el Lago Mayor, zona sur y Lago Menor.

Colé citado por Quispe (2000) indica que Rotíferos, Cladóceros, Copépodos son abundantes en los bajíos.

2.3.4 Aspectos taxonómicos de zooplancton en el lago Titicaca

❖ Aspectos taxonómicos de Rotíferos

Phyllum	Aschelminthes/Rotatoria
Clase	Rotiferos
Orden	Monogononta
Especies	<i>Keratella quadrata</i> <i>Filinia longiseta</i> <i>Polyartha sp.</i> <i>Brachionus sp.</i>



Needhan & Needha (1978), Ikeda y Omori (1984), Dejoux e Ittis (1991), CIDAB (2002) describen:

❖ **Aspectos taxonómicos de Cladóceros**

Phyllum	Arthropoda
Clase	Crustácea
Subclase	Branchiopoda
Orden	Cladóceros
Familia	Daphniidae
Nombre Científico	<i>Daphnia pulex</i>
Nombre Común	Pulga de agua

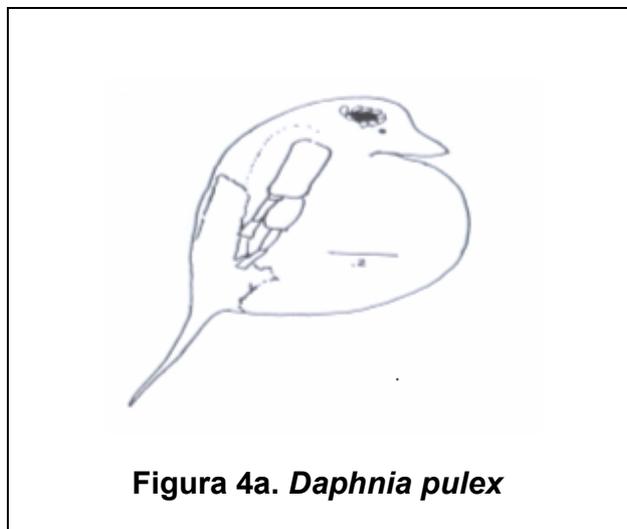
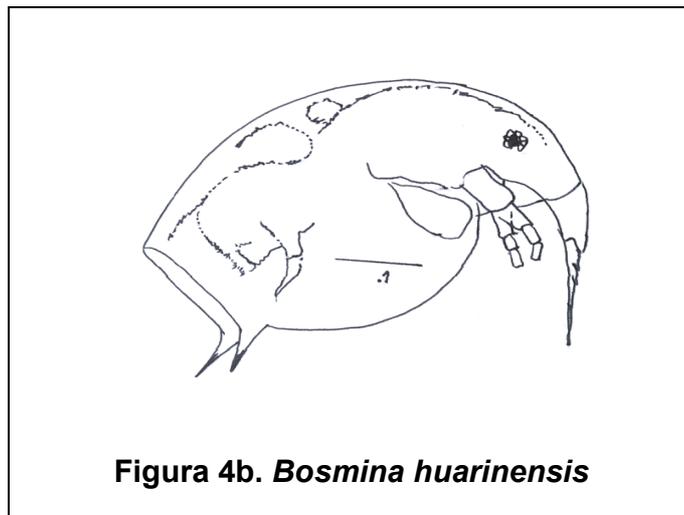


Figura 4a. *Daphnia pulex*

Phyllum	Arthropoda
Clase	Crustácea
Subclase	Branchiopoda
Orden	Cladóceros
Familia	Bosminidae
Nombre Científico	<i>Bosmina huarinensis</i>
Nombre Común	Pulga de agua



❖ Aspectos taxonómicos de Copéodos

Phyllum	Arthropoda
Clase	Crustácea
Subclase	Copépoda
Orden	Calanoide
Familia	Boeckellidae
Género	Boeckella
Especies	<i>Boeckella titicacae</i> <i>Boeckella occidentalis</i>

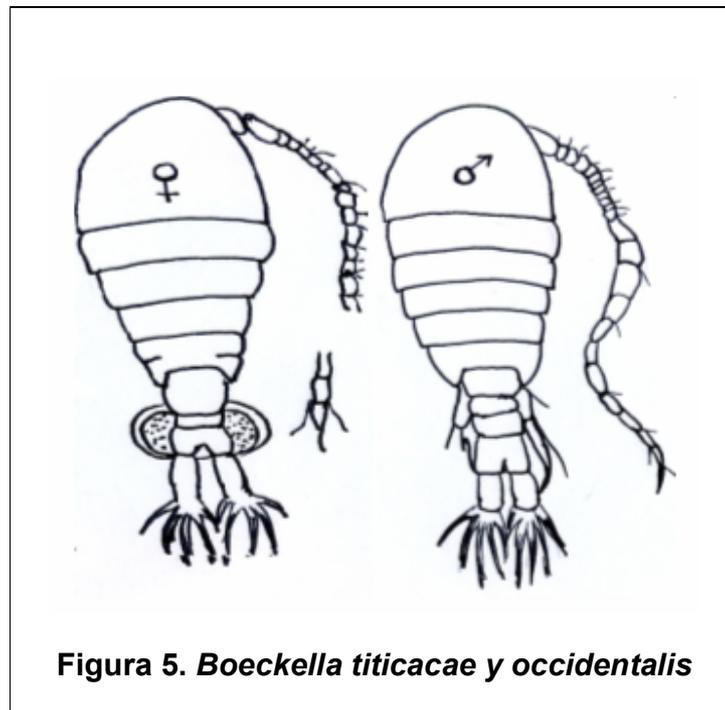


Figura 5. *Boeckella titicacae* y *occidentalis*

Phyllum	Arthropoda
Clase	Crustácea
Subclase	Copépoda
Orden	Cyclopoida
Familia	Cyclopidea
Género	Cyclops
Especie	<i>Metacyclops leptopus</i>

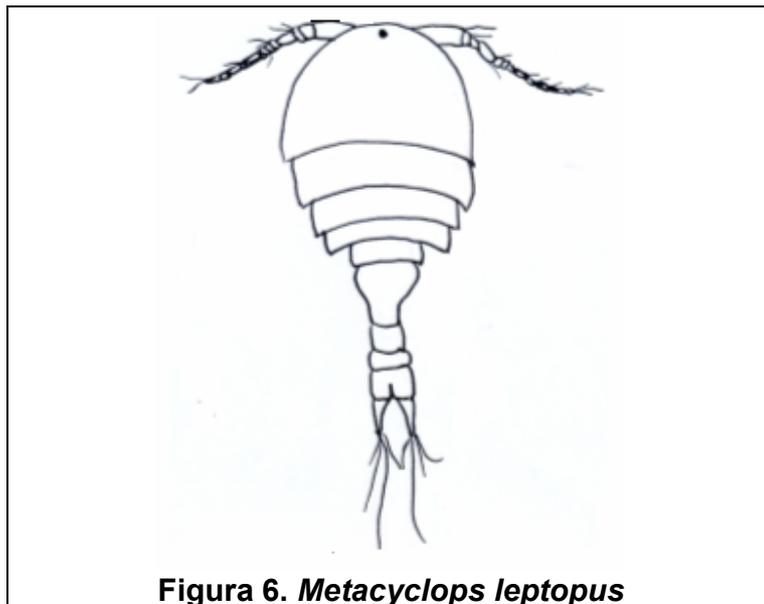


Figura 6. *Metacyclops leptopus*

2.3.5 Características importantes del zooplancton

2.3.5.1 Rotíferos

Infante (1998), señala que este grupo por su origen dulceacuícola, exhibe gran diversificación y es muy abundante en aguas continentales; sólo excepcionalmente se encuentra en ambientes marinos. Su importancia en el plancton proviene en gran parte del éxito con el cual han invadido la zona pelágica de los lagos. De los 120 géneros de rotíferos conocidos, el 30% está representando en el plancton. Han sido considerados como una clase de los Aschelminthes y, en fecha más reciente, como Phylum aparte.

La respiración se efectúa por simple absorción de oxígeno a través de la superficie del cuerpo. Los rotíferos planctónicos viven casi siempre en aguas bien oxigenadas y son escasos en zonas donde el contenido de oxígeno es bajo, aún cuando otras condiciones sean favorables. Sin embargo, alguna *Filinia* pueden ser frecuentes en zonas del hipolimnion donde el oxígeno es relativamente escaso (Infante, 1998).

2.3.5.2 Crustáceos

2.3.5.2.1 Comunidad cladóceros

Infante (1988), indica que el orden Cladóceras pertenece a la subclase Branchiopoda. Los Cladóceros han sido denominados comúnmente “pulgas de agua”, porque guardan cierta similitud con estos insectos, tanto en la forma como en el movimiento. El grupo es predominante dulceacuícola y son muy pocas las especies marinas. Abundan en el litoral de los lagos, pero en el plancton tienen asimismo una amplia representación.

Los cladóceros se caracterizan por un caparazón quitinoso que cubre y protege la cabeza y el cuerpo. En la región torácica y abdominal el caparazón está cerrado en el dorso y abierto en la parte ventral, dando la apariencia de dos valvas, aunque en realidad es una sola pieza cuticular plegada. En algunas especies el caparazón es más bien reducido. El posabdomen aloja el final del tubo digestivo y forma un ángulo más o menos recto con la parte precedente y posee dos garras terminales y a veces filas de dientes marginales cuya función es limpiar el canal donde se concentra el alimento; son de importancia en el reconocimiento de las especies. El tamaño de los cladóceros varía entre 200 y 3000 μm y se desplazan a "saltos", para ello se impulsan con movimientos vigorosos de las segundas antenas.

Meneses (1997), señala que los cladóceros constituyen un componente importante de la fauna acuática, cumplen un rol esencial a nivel de la cadena trófica, al constituirse en el eslabón de transferencia de energía desde los productores primarios (fitoplancton) hasta los consumidores secundarios (peces) que los utilizan como alimento durante las primeras fases de su vida.

La presencia y abundancia de Daphniidae recibe mucha atención de los limnólogos y ecólogos de poblaciones Wetzel, 1981; Margalef, 1983, en virtud a su gran capacidad para eliminar algas, bacterias y partículas en suspensión y para clarificar el agua siempre y cuando las algas dispongan de poco alimento (Infante, 1988), además de considerar su eliminación selectiva por depredación bajo la existencia de peces.

En consideración al tamaño relativo de los individuos componentes del zooplancton, se ha deducido que los cladóceros contribuyen altamente a la biomasa total. Wetzel (1981), Margalef (1983); paralelamente Gannon y Stemberger (1978), Rojo (1988) y Del Castillo (1992), mencionan que constituyen bioindicadores importantes, al mostrar una estenosidad considerable y una alta valencia ecológica. Así mismo, son usadas como una herramienta importante de estudios paleolimnológicos (Dodson y Frey, 1991).

Con una amplia gama de adaptaciones ecológicas y eficientes mecanismos de dispersión, estos pequeños crustáceos habitan diversos ambientes acuáticos continentales, desde grandes lagos y sistemas fluviales hasta pequeños charcos y aún aguas intersticiales (Paggi, 1995).

Dentro de un cuerpo de agua mantienen su amplia distribución, colonizando diferentes hábitats. Todos los cladóceros tienen la capacidad para nadar en menor o en mayor grado, sin embargo se sabe de sus preferencias de hábitat, en algunos casos bien marcadas. Es así que las familias Bosminidae, Sididae y Daphnidae (en especial los géneros *Diaphanosoma*, *Daphnia* y *Bosmina*), son de preferencia planctónicas, es decir que están adaptadas a permanecer en el área limnética de los cuerpos de agua sin contacto con la superficie o con el fondo (Paggi, 1995).

El Daphnia ocupa un papel central en telas pelágicas del alimento de los lagos y de las charcas templado y ártico. Alimentando en las microalgas y las bacterias, pueden controlar la biomasa del fitoplancton y composición de la especie e influenciar la sucesión estacional del fitoplancton.

Por otra parte, *el Daphnia* es un alimento preferido para los peces y los depredadores invertebrados. Es relativamente fácil de cultivar y de digerir, el espacio que se requiere para su cultivo es pequeño. Las tasas de crecimiento de la población pueden ser tan altas como 0,4 a 0,6 d⁻¹, así los números grandes se pueden producir en un período de tiempo corto. La fisiología bien conocida hace de *Daphnia* un objeto conveniente para la evaluación de la ecotoxicología.

2.3.5.2.2 Comunidad de copépodos

Este orden de los crustáceos ha invadido con igual éxito los mares y las aguas continentales, donde se distribuye en los más variados ambientes: litoral, bentónico y pelágico. En el plancton suelen constituir una fracción significativa de la biomasa total.

Los copépodos tienen el cuerpo alargado y más o menos cilíndrico, de color crema o grisáceo. Con frecuencia, los que viven en lagos de montaña o en el litoral, donde se encuentran más expuestos a la radiación de onda corta, son de color rojo o anaranjado intenso debido a un carotenoide: la astaxantina.

Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida son los tres ordenes de copépodos que incluyen la mayor parte de las formas libres. Éstas conjuntamente con las formas parásitas, constituyen la subclase Copépoda de la clase Crustácea. Estos microcrustáceos se encuentran en la mayoría de todos los cuerpos de agua del mundo. Ellos son frecuentemente abundantes y constituyen una parte importante de la cadena alimenticia acuática. El grupo comprende especies herbívoras, omnívoras o carnívoras que se alimentan de detritos, fitoplancton, pequeños invertebrados u otros organismos. A su vez sirven como alimento de muchos invertebrados, peces jóvenes y planctófagos. Son también hospederos intermediarios en la transmisión de parásitos en los peces, aves y mamíferos (Reid, 1985).

2.3.6 Factores que influyen en el zooplancton

Los factores físico-químicos como la disminución de la penetración de la luz, el incremento de la materia en suspensión, la conectividad de estos cuerpo y el material que los ríos llevan en sus aguas a los lagos, son factores que afectan de forma diferente la presencia y la densidad del zooplancton. Estos pueden ser indirectos y/o directos, podemos mencionar a los siguientes como principales:

2.3.6.1 La luz

Factor que influye indirectamente en el zooplancton, puesto que es determinante en el proceso de la fotosíntesis. Cuando la luz penetra en el agua sufre un fenómeno de atenuación exponencial consecuencia de la absorción y de la dispersión por el agua y por las partículas suspendidas. Algunas longitudes de onda penetran más que otras influyendo en la distribución vertical de las algas y a su vez en las migraciones verticales del zooplancton relacionado a las probabilidades de encuentro por depredadores naturales. En algunos casos se muestra que los picos de densidad de zooplancton siguen los picos de la densidad del fitoplancton. (Infante, 1988).

2.3.6.2 La temperatura

Juega un papel importante en la distribución y la reproducción (maduración, puesta de huevos, incubación) del zooplancton. Margalef (1983), da un ejemplo para el caso de la reproducción en los cladóceros, donde la eclosión de los huevos será más rápida a mayores temperaturas: a 30 °C el tiempo de incubación es de 55 horas, aunque para una temperatura de 15 °C se necesita 100 horas.

Ramos (1979), afirma que la temperatura del agua afecta a la densidad, viscosidad, solubilidad de gases, oxígeno y velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas. Las variaciones de temperatura pueden matar algunas especies acuícolas y también favorecer el desarrollo de otras, lo que podría provocar un desequilibrio ecológico.

2.3.6.3 Gases disueltos

Donde el oxígeno juega una función esencial en el mantenimiento de la vida, por el proceso de respiración que llevan a cabo los organismos aeróbicos. La respiración y la descomposición de la materia orgánica puedan consumir una parte importante de este gas agotándolo en el hipolimnion, con lo cual el espacio para la vida planctónica quedaría más restringido. El oxígeno disuelto en el agua proviene principalmente de la atmósfera y del proceso de la fotosíntesis que lleva a cabo el fitoplancton y las macrófitas, su solubilidad depende de la temperatura, por lo cual a bajas temperaturas se disuelve una mayor cantidad de oxígeno. La estacionalidad determina la cantidad de oxígeno, en épocas frías habrá mayor cantidad de oxígeno disuelto que en las épocas de calor (González, 1988).

Ensminger (1983), afirma que en un cuerpo de agua los gases intervienen positiva y negativamente, para evitar los efectos negativos se debe regenerar el oxígeno, anhídrido carbónico, nitrógeno, mediante aireación para aumentar el metabolismo, los procesos de mineralización de la materia orgánica y oxidación de los metabolitos de la excreción animal.

2.3.6.4 Dióxido de carbono

El CO₂ es otro gas importante en el metabolismo de un lago, se intercambia a través de la superficie o se genera en el proceso respiratorio del mismo lago. El CO₂ reacciona con el agua formando ácido carbónico el cual disocia aumentando la concentración de hidrogeniones (H⁺), produciéndose también carbonatos y bicarbonatos. Las diferentes formas del CO₂ en el agua están determinadas por el pH. A valores altos de pH predominan los carbonatos y a valores bajos el CO₂. Cuando las aguas no son extremadamente ácidas o básicas, el sistema CO₂-bicarbonato-carbonato actúa como tampón, manteniendo en la mayoría de los lagos un pH entre 6 y 8. Margalef (1983) presenta un ejemplo de migración inversa provocada en *Daphnia* y *Diacyclops* por adición experimental de CO₂. Señala de la

misma forma por los rotíferos una migración inversa, principalmente en aguas tropicales y de pH alcalino.

2.4 Fertilizantes

Es toda sustancia o técnica que se emplea para restituir o aumentar la fertilidad del suelo o agua, ya sea en cuanto la estructura, pH o a sus elementos nutritivos. Los fertilizantes pueden dividirse en enmendantes o modificadores del pH y abonos o sustancias empleadas para mejorar las condiciones nutritivas del suelo (Castelló *et al.*, 1998).

2.4.1 Fertilización en estanques

Los compuestos químicos y/o compuestos orgánicos-inorgánicos (denominados fertilizantes), se agregan al estanque con el objeto de incrementar la producción de alimento natural, con ello se aumenta la producción de peces y la capacidad del cultivo del sistema; los fertilizantes sirven como el primer recurso esencial de nutrientes para la cadena alimenticia residente dentro del cuerpo de agua. Este tipo de estrategia de alimentación es típica de un sistema extensivo y semi intensivo (Morales, 1986).

Al abonar un estanque con fertilizante orgánico, se estimula el crecimiento de bacterias, debido a la materia orgánica que se encuentra en suspensión o en los fondos de los estanques. Por la acción de las bacterias, la materia orgánica produce grandes cantidades de nutrientes minerales, que ayudan a la producción de fitoplancton y zooplancton.

Las algas obtienen fósforo, nitrógeno y potasio del agua, luego que estos elementos son liberados por los fertilizantes disueltos en la misma. Al incrementarse la cantidad de algas, aumenta la densidad de zooplancton y otros pequeños invertebrados que sirven de alimento a los peces (Porras, 1985).

García (1983), indica que los principios de fertilización de los estanques se rigen por las mismas normas generales que los destinados a la agricultura, siendo uno de los parámetros más importantes y significativos el pH del agua, tan ligado al equilibrio CO_2 - bicarbonato – carbonato.

Las prácticas tradicionales para la fertilización de estanques se realizaron en su mayoría empíricamente, utilizándose en el cultivo en forma intensiva. Es importante señalar que no se ha encontrado una metodología estándar, sin embargo la utilización de los desperdicios animales para la fertilización de estanques de producción de peces, continúa incrementándose notablemente (Porras, 1985).

Para Delmendo citado por Morales (1986), el efecto estimulante del estiércol sobre la productividad natural del estanque se determina en gran medida por su método de distribución y aplicación (cantidad y frecuencia de aplicación), entre mejor se distribuya el estiércol en el área del estanque, mejor será el efecto del fertilizante que se alcance.

Según Reyn y Amaya (1983), la capacidad máxima de digestión de un estanque sin producir efectos nocivos es de 100 – 200 Kg. estiércol seco/Ha/día.

2.4.2 Utilización en acuicultura de fertilizantes orgánicos

Porras (1985), indica que, la producción de alimentos en Latinoamérica, se encuentra encaminada hacia la utilización de todo tipo de recursos naturales. Los desperdicios animales y vegetales que resulten de las actividades agropecuarias y los subproductos derivados de granjas y agroindustrias, son algunas de las fuentes principales de recursos. Los desperdicios animales tiene una serie de cualidades de alto valor, debido al contenido de proteínas, aminoácidos y nutrientes; estos desechos, al ser procesados, proveen sustancias alimenticias durante el reciclaje. El estudio de los desperdicios animales presentan en la actualidad uno de los temas de mayor interés en los campos de la agricultura y la acuicultura. En acuicultura los desperdicios se han procesado y utilizado durante siglos para incrementar la producción en estanques piscícolas, el uso no ha sido solamente como nutriente también como alimento.

En acuicultura la utilización del fertilizante orgánico depende del tiempo de radiación solar, del almacenaje a la sombra, del tipo de suelo, de la calidad de agua, de las dimensiones del estanque y de las especies que se cultiven, por otra parte, el proceso biológico de la oxidación en el agua producida por el fertilizante, depende de las condiciones aeróbicas o anaeróbicas, resultando interacciones químicas y biológicas bastante complejas durante la oxidación en estanques. Por descomposición anaeróbica de la materia orgánica, resultan productos como el dióxido de carbono, amonio y sulfuro de hidrógeno; durante la descomposición aeróbica con intervención del oxígeno del agua y la atmósfera, se produce CO_2 , nitratos, nitrógeno y ácido sulfúrico; en un tercer paso estos productos químicos son utilizados por algas, las cuales producen oxígeno vía fotosíntesis. El oxígeno que entra al agua en contacto con la superficie, es usado por las bacterias que descomponen el estiércol previamente introducido al estanque; como producto final de este ciclo se obtienen proteínas, hidratos de carbono y calorías que entran al ciclo de plantas y animales a través de las cadenas alimenticias.

Hepher y Pruginin (1985), mencionan que son tres los factores principales que influyen en la necesidad de fertilización, los nutrientes a utilizarse, así como sus cantidades entre los cuales están: requerimiento de alimento natural para los peces, requerimientos nutritivos del fitoplancton, disponibilidad de nutrientes en el agua. Señalan también que el principal propósito de abonar es estimular el crecimiento de bacterias que se desarrollan en las partículas orgánicas y formar parte de la cadena alimenticia.

Schroeder citado por Tacón (1988), señala que los fertilizantes orgánicos actúan principalmente a través de la cadena alimenticia heterotrófica mediante el suministro de materia orgánica y detritus al ecosistema del estanque.

2.4.3 Características ecológicas y reciclaje de estiércol animal

Los desechos animales aplicados a los estanques de producción de peces sirven de fertilizantes y también son comidos por los peces, la materia orgánica suspendida es utilizada por las bacterias siendo tomadas por las distintas formas del bentos, los nutrientes disueltos en agua ocasionan que florezcan densas poblaciones de fitoplancton que serán consumidas por el zooplancton, desarrollando cadenas aprovechadas posteriormente por los peces. Del estiércol animal resultarán una serie de partículas que los peces no ingieren, las cuales formarán material detritívoro, el que se incorpora al suelo de la misma forma que los desperdicios de peces, que se acumularán en el fondo, dando como resultado el reciclaje de nutrientes del estanque (Porrás, 1983).

La materia orgánica incorporada en forma adecuada representa una estrategia básica para dar vida ya que sirve de alimento a todos los organismos que viven en el suelo o el agua. Por esta razón, la materia orgánica se ha constituido en el centro fundamental cuando se quiere realizar un manejo ecológico. Este sistema de

reutilización de los recursos orgánicos se ha utilizado tradicionalmente desde tiempos remotos en todas las civilizaciones del mundo, con muy buenos resultados, permitiendo la producción de alimentos en cantidades suficientes. En la actualidad viene adquiriendo gran importancia por el desarrollo de la agricultura alternativa denominada *Agricultura biológica* (Guerrero, 1993).

2.4.4 Costo de la fertilización orgánica

Según Hepher (1962), el costo de alimento natural es bajo (si se emplean fertilizantes y abonos). Sin embargo la producción que se puede obtener sólo con alimento natural también es baja, y algunas veces es insuficiente para cubrir los costos fijos relativos al área del estanque. Pero este alimento natural es rico en proteínas, vitaminas y otros factores de crecimiento.

De acuerdo a Tacón (1988), las ganancias de los sistemas de cultivos de peces frecuentemente dependen de las dietas complementarias, cuyas composiciones son más simples y menos costosas que las dietas completas. Solo una alimentación con alimento artificial pero sin alimento natural el costo del alimento completo balanceado nutricionalmente sería tan alto que no habría ganancias. Entonces es conveniente incrementar la producción del alimento natural en el estanque todo lo posible.

Según Hepher y Pruginin (1985), una de las tendencias de la piscicultura es la de cultivar organismos cuyos hábitos alimenticios se encuentren cerca de la base de la cadena alimenticia; que se alimenten de fitoplancton o de materia vegetal cuyo costo es relativamente bajo y es abundante, o que se pueda obtener mediante la fertilización.

Tacón (1986), señala en vista de la escasez general de ingredientes alimenticios convencionales para uso humano o animal en el medio rural, así como el bajo poder adquisitivo de los granjeros rurales de subsistencia, la selección de los alimentos se deben basar en los siguientes criterios, en orden de importancia:

- Costos, el material alimenticio deberá estar disponible a bajo o ningún costo para el cultivador.
- Disponibilidad, siempre que sea posible el material alimenticio deberá estar disponible durante todo el año.
- Manejo y procesamiento previos a la alimentación, incluyendo transporte deberán ser mínimos o negligibles.

2.5 Los estiércoles

2.5.1 El estiércol.

Guerrero (1993), indica que los excrementos de los animales resultan como desechos del proceso de digestión donde solo una pequeña parte de los alimentos que consumen los animales es asimilado y aprovechado por su organismo, el resto (80%) contiene elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión junto con el estiércol, por esta razón el estiércol tiene capacidad para enriquecer un determinado medio. Los campesinos crían generalmente diferentes clases de animales (ovejas, llamas, toros, vacas, chanchos, etc) que les proveen de este recurso útil para mejorar la fertilidad del suelo y el agua.

Schroeder citado por Tacón (1988), señala que el estiércol sirve principalmente como un sustrato para el crecimiento de bacterias y protozoarios, los cuales a su vez sirven como alimento rico en proteínas para otros animales del estanque, incluyendo los peces o camarones cultivados. Las principales ventajas que se logran con la incorporación del estiércol es el aporte de nutrientes, mejora la actividad biológica con lo cual se incrementa la productividad.

El estiércol animal bien fermentado es probablemente la forma mas valiosa de materia orgánica, por que las fases preliminares de descomposición ya han tenido lugar y se ha efectuado la concentración del nitrógeno y de los elementos nutritivos minerales contenidos en el alimento (FAO, 1983).

CIADES (1997), menciona que el estiércol animal puede contribuir en forma significativa a suplir las necesidades de nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes.

Cuadro 1. Destino de los nutrientes consumidos por el animal

DESCRIPCIÓN	NITROGENO %	FOSFORO %	POTASIO %
Aprovechado por el animal	25	20	15
Eliminado en la parte sólida	25	78	15
Eliminado en los orines	50	2	70

Fuente: Agricultura de las Américas 1984

2.5.2 Características del estiércol

Esta constituida por una mezcla de deyecciones animales con paja. La paja cumple la función de cama. La celulosa es un componente de la cama, junto con la lignina, ceras, grasas, etc., que son sustancias complejas de descomposición lenta que liberan de forma paulatina los elementos minerales que contienen (entre éstos, el más importante es el fósforo).

Las heces están constituidas por sustancias proteicas complejas y por restos de comida no digerida. La orina contiene sustancias nitrogenadas como la urea y el ácido úrico que, después de una rápida descomposición, son absorbidas por las plantas.

La composición del estiércol depende de los animales, de la cama, de la proporción entre paja y deyecciones, de la alimentación de los animales, de la fertilización realizada, del modo de fabricar el estiércol, etc. (Castelló *et al.*, 1998)

Cuadro 2. Composición química de estiércoles

Tipo de Estiércol	MS %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	SO ₄ %
Deyección sólida							
Ganado vacuno	18	0,29	0,17	0,1	0,35	0,13	0,04
Caballos	24	0,44	0,35	0,35	0,15	0,12	0,06
Ovejas	35	0,55	0,31	0,15	0,46	0,15	0,14
Cerdos	18	0,6	0,41	0,28	0,09	0,1	0,04
Deyección líquida							
Ganado vacuno	6	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Caballos	10	1,55	0,01	1,5	0,45	0,24	0,06
Ovejas	13	1,95	0,01	2,25	1,16	0,34	0,3
Cerdos	3	0,43	0,07	0,83	0,01	0,08	0,08

Fuente: Agricultura de las Américas 1984

La cantidad de estiércol que puede producir un animal en un año varía de acuerdo a la alimentación, el tipo de cama (arena, aserrín, paja) y con la especie. El estiércol total está constituido por las deyecciones sólidas, líquidas y el tipo de cama.

2.5.3 Estiércol de oveja y alpaca

El estiércol de ovino, pertenece a la clase excremento (abono caliente), presenta un color pardo oscuro a negro, son de forma ovoide. El estiércol de alpaca, es de la clase excremento (abono frío), presenta un color pardo oscuro a negro de forma ovoide (Guerrero, 1993).

2.6 Parámetros físico químicos del agua

2.6.1 Medida del contenido orgánico

A lo largo de los años se han ido desarrollando diferentes ensayos para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales. En general los diferentes métodos pueden clasificarse en dos grupos, los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores de 1 mg/l, y los empleados para determinar las concentraciones en el intervalo de los 0,001 mg/l a 1 mg/l. El primer grupo incluye los siguientes ensayos de laboratorio: (1) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), (2) demanda química de oxígeno (DQO), y (3) carbono orgánico total (COT). Como complemento a estos ensayos de laboratorio se emplea la demanda teórica de oxígeno (DTeO), parámetro que se determina a partir de la fórmula química de la materia orgánica.

En el pasado, también se habían empleado otros ensayos, entre los que cabe destacar: (1) nitrógeno total y albuminoide, y nitrógeno orgánico y amoniacal, y (2) oxígeno consumido. Estas determinaciones aún figuran en los análisis completos de aguas residuales, excepción hecha de las determinaciones relativas al nitrógeno albuminoide y al oxígeno consumido. Sin embargo su importancia ya no es la misma. Mientras que antes se empleaban casi exclusivamente como indicadores de materia orgánica, actualmente se emplean para determinar la disponibilidad de nitrógeno para mantener la actividad biológica en los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales y para evitar indeseables proliferaciones de algas en las aguas receptoras (Metcalf & Hedí, 1995).

2.6.2 Demanda química de oxígeno (DQO)

La prueba de demanda química de oxígeno (DQO) es ampliamente usada como una forma de medir la concentración de la materia orgánica en los residuos domésticos e industriales. Esta prueba permite medir en un residuo la cantidad total de oxígeno que se requiere para la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua. La prueba se basa en que todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados por la acción de agentes oxidantes fuertes en condiciones ácidas. Durante la determinación de la DQO, la materia orgánica es convertida a dióxido de carbono y agua independientemente de la capacidad biológica de las sustancias para ser asimiladas.

Una de las principales limitaciones de la prueba de la DQO es la imposibilidad para diferenciar entre materia biológicamente oxidable y materia orgánica biológicamente inerte. Además, no proporciona ningún dato de la velocidad a la que el material biológicamente activo se estabiliza en las condiciones existentes en la naturaleza (Sawyer, McCarty, Parkin, 2001).

Metcalf y Hedí (1995), indican que el ensayo de la (DQO) se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente del oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. El dicromato potásico proporciona excelentes resultados en este sentido. El ensayo debe hacerse a elevadas temperaturas. Para facilitar la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos es preciso emplear un catalizador (sulfato de plata). Puesto que algunos compuestos orgánicos interfieren con el normal desarrollo del ensayo, deben tomarse medidas adecuadas para eliminarlos antes del ensayo.

El ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La principal ventaja de la prueba es que en muchos tipos de agua residuales es posible establecer una relación entre los valores de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la DQO en un tiempo de 3 horas, frente a los cinco días necesarios para determinar la DBO. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

2.6.3 El pH

El pH es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ión hidrógeno. En el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos, el pH se debe mantener en un margen favorable para los organismos específicos que intervienen (Sawyer, McCarty y Parkin, 2001).

La concentración de ión hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ión hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración del ión hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. La concentración de ión hidrógeno presente en el agua esta muy estrechamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas de agua (Metcalf y Hedí, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

3.1.1 Ubicación Geográfica

El ensayo se llevó a cabo en el Centro de Investigación de Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB) que se encuentra ubicado a unos 110 Km. de la ciudad de La Paz, en el Cantón de San Pablo de Tiquina, provincia Manco Kapac a orillas del lago Titicaca, sobre 3810 m. s. n. m. (Castañon,1994).



Figura 7. Mapa Provincia Manco Kapac

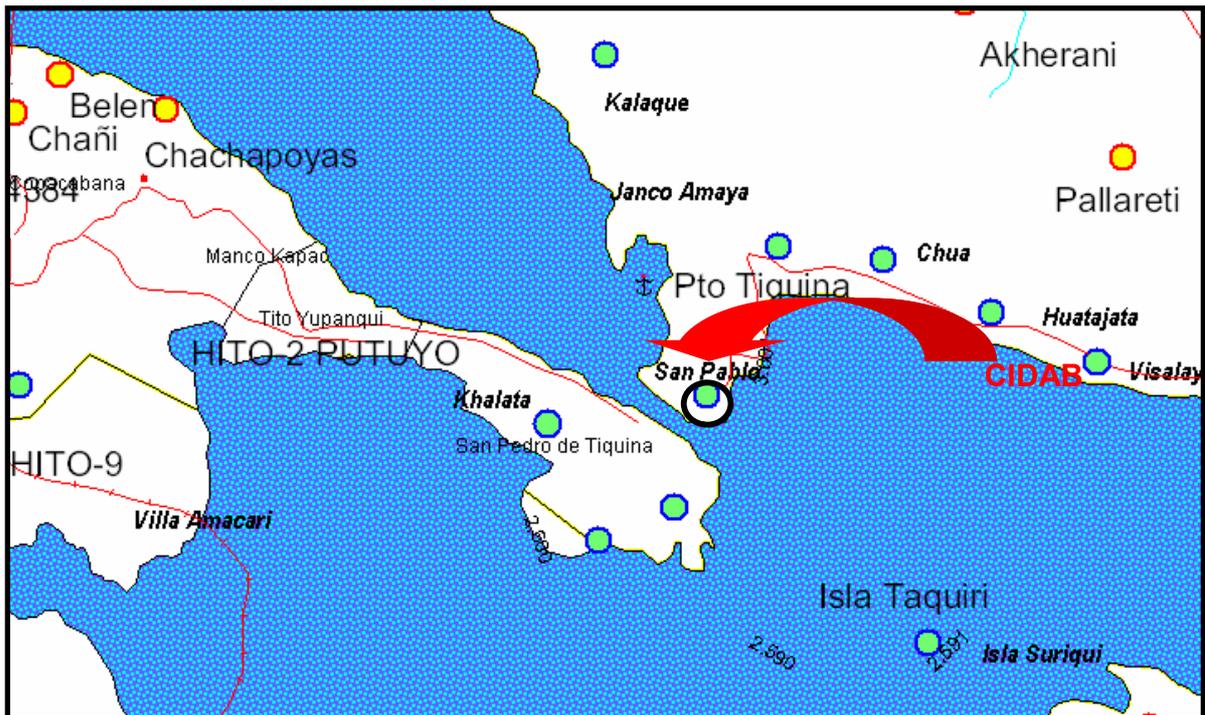


Figura 8. Ubicación del CIDAB-Tiquina

3.1.2 Características climáticas de la región

El período de lluvias comprende desde el mes de Noviembre hasta Marzo, siendo los demás meses áridos. La temperatura media anual en esta región es de 15 a 16 °C. La precipitación mínima y máxima es de 605 y 901 mm respectivamente (Irusta, 1995).

3.2 Materiales

En el presente trabajo de investigación se emplearon los siguientes materiales:

3.2.1 Infraestructura

Debido a la disponibilidad de infraestructura en el CIDAB, se utilizaron quince estanques de cemento, cada uno con un área total de 16,30 m². Por lo que cada tratamiento se repitió 3 veces y se distribuyeron en forma aleatoria, la distribución final se presenta en el siguiente croquis:

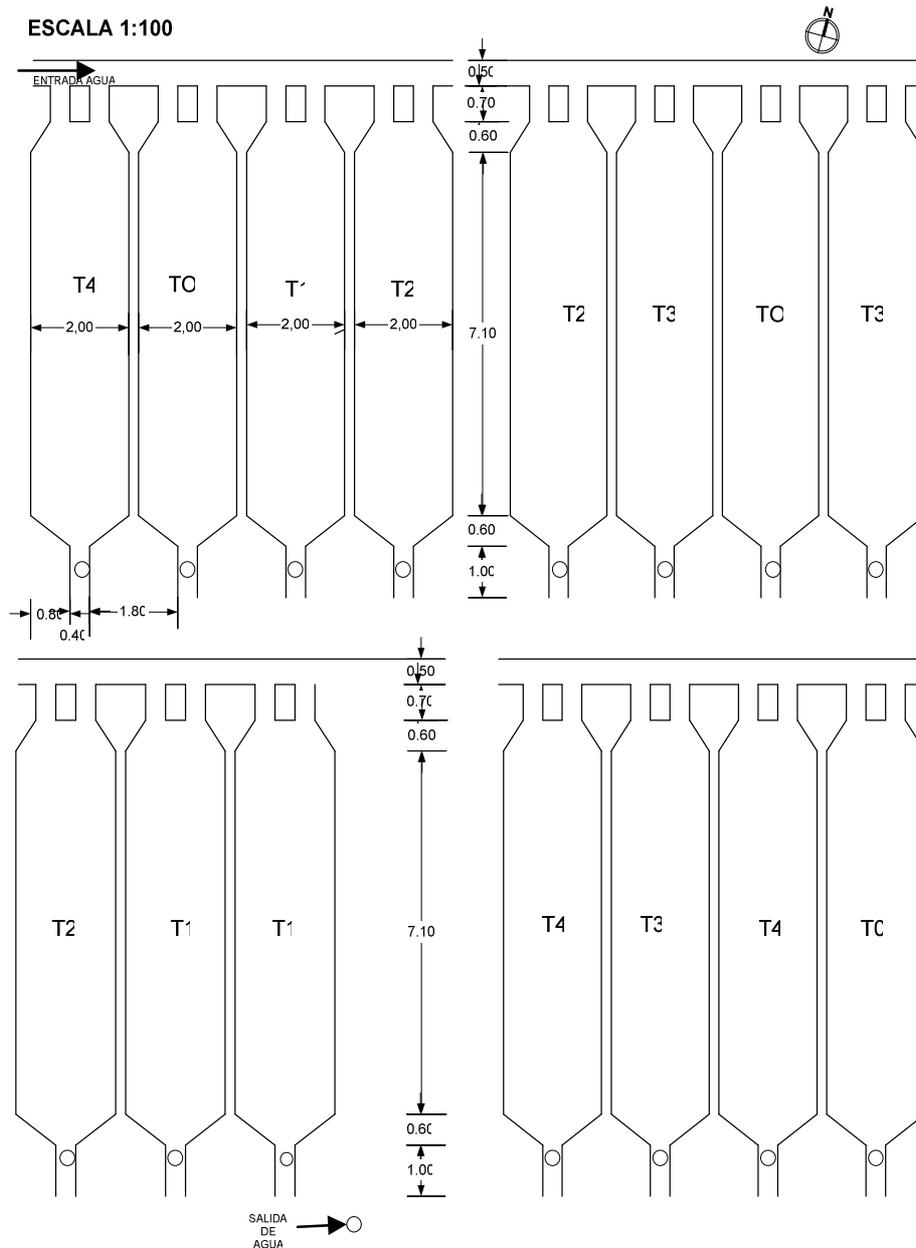


Figura 9. Croquis de los estanques de cemento fertilizados con estiércol de alpaca y oveja CIDAB-Tiquina

3.2.2 Fertilizante orgánico

Se utilizó para la fertilización de los estanques, estiércol de alpaca y oveja, en una cantidad de 100 kg de cada uno.

3.2.3 Material de campo

Los materiales que se emplearon fueron los siguientes:

Etiquetas, frascos de vidrio, frascos de plástico, botellas de plástico, libreta de campo, machete, picota, carretilla y tablas de madera.

Se emplearon los siguientes equipos:

Phmetro digital, red de zooplancton, conservador y cámara fotográfica.

3.2.4 Equipos de laboratorio

Se emplearon los siguientes equipos:

Balanza analítica, Horno desecador eléctrico que alcance 110 °C, Bomba de vacío, Mufla eléctrica de temperatura constante 600 °C, Aparato de extracción Soxhlet, Digestor (a gas o eléctrico), Equipo de digestión Kjeldahl, Equipo de Destilación micro Kjeldahl, Microscopio, Monitor incorporado a microscopio, Tubo de filtración, Centrifugadora, Espectrofotómetro, Equipo de Baño María graduada 100 °C, Cámara Digital y Refrigerador.

3.2.5 Materiales de laboratorio y reactivos

Los materiales de laboratorio que se emplearon fueron los siguientes:

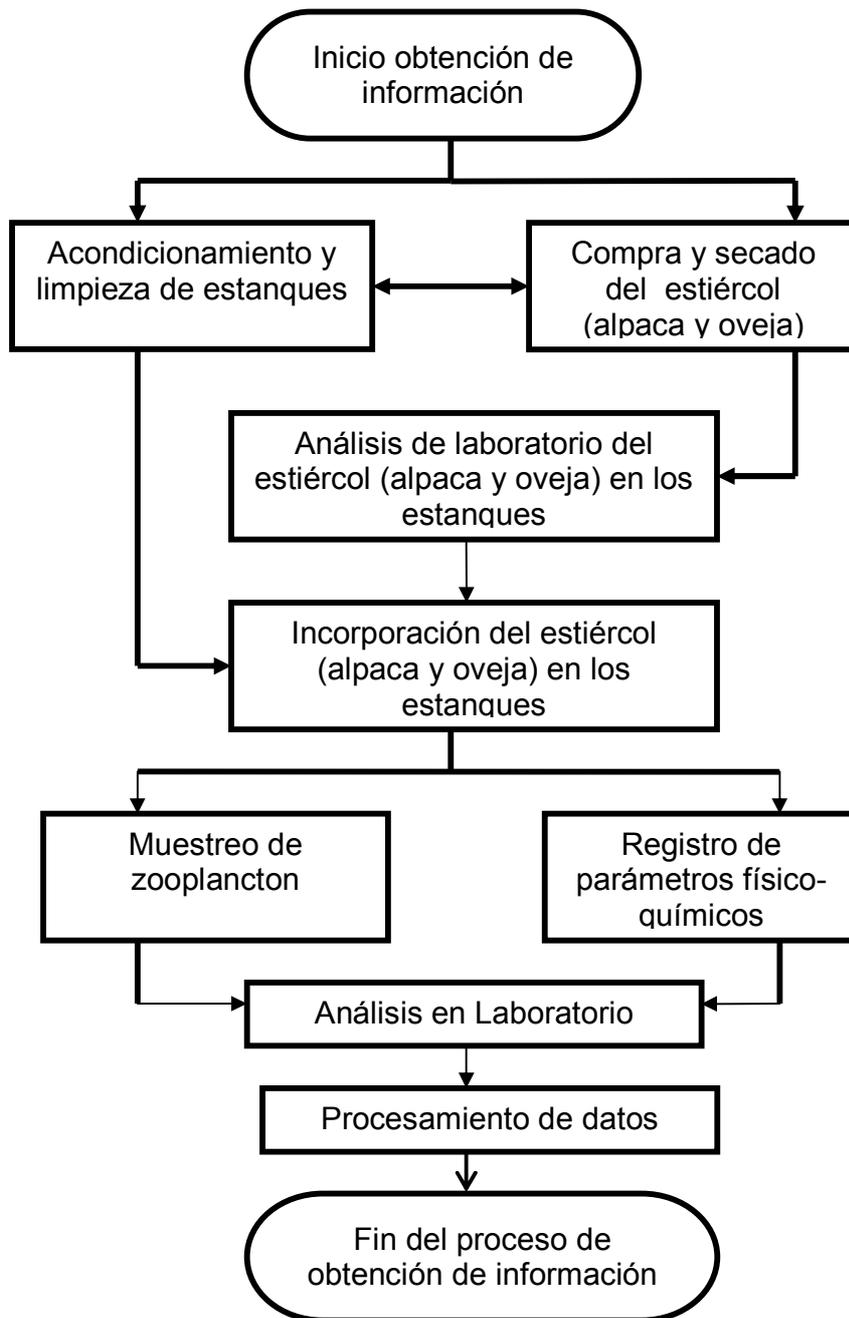
Botellas de pesaje, Campana de desecación a baja presión, Crisoles de porcelana de 30 ml., Pinza metálica de mango largo, Mortero, Cartucho de extracción marca Toyo 84 de 28 mm de diámetro y 100 mm de altura (Filtro dedal), Vasos de precipitado, Varillas de vidrio, Pinzas, Papel de pesaje libre de nitrógeno, Frascos de digestión Kjeldahl de 100 ml, Buretas de vidrio de 50 y 100 ml., Matraces erlenmeyer de 125 y 250 ml., Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 ml., Propipeta, Matraces aforados de 100 ml, Tubos de ensayo graduados 50 ml., Filtros GF de 47 mm, Cámara cerrada de Sedgwick-Rafter (conteo zooplancton) y Contadores manuales

Los reactivos utilizados fueron:

Éter etílico grado técnico, Na_2SO_4 Sulfato de sodio anhídrido granulado, H_2SO_4 Ácido Sulfúrico concentrado libre de nitrógeno, $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4\text{H}_2\text{O}_9$: Catalizador Sulfato de Potasio + Sulfato de cobre Penta hidratado relación 9:1, Indicador de punto final: Rojo de Metilo/Azul de Metilo 2:1.2 partes, H_2SO_4 Ácido Sulfúrico de concentración [0.05]N, NaOH Hidróxido de sodio al 30%, $\text{NH}_2\text{-(SO}_3\text{H)}$ Ácido sulfamílico de grado reactivo, H_2SO_4 [12]N, Nitrato de plata, Permanganato de potasio [0.025]N, Oxalato de Sodio, Acetona 85 %, Agua destilada y Formol al 10%

3.3 Metodología

La metodología empleada para obtener y procesar la información de los datos obtenidos en el trabajo de campo y laboratorio fueron realizados en base a una planificación de actividades resumidas en el siguiente flujograma:



3.3.1 Preparación de los estanques

La preparación de los estanques se la realizó dos meses antes de la incorporación del estiércol comenzando con la limpieza, con ayuda de machete, picota, carretilla; posteriormente se procedió a cerrar herméticamente los estanques con bloques de madera.

3.3.2 Análisis químico de estiércol

Para el análisis de humedad se empleó el método de desecación por estufa, para la cuantificación de proteína se empleo el método de Kjeldahl, para la cuantificación de grasa el método utilizado fue de Soxhlet, para la cuantificación de Carbohidratos se realizaron espectrofotometrías de la reacción de Cu_2O con el ácido arsenomolibdico, el contenido de cenizas totales fue estimado mediante el método de incineración. Los protocolos de cada método de determinación son descritos por Niwa y Vega (1997). Estos se describen con mayor amplitud en los anexos 1, 2, y 3.

3.3.3 Pesado del estiércol

Se procedió al pesado del estiércol tomando en cuenta las recomendaciones de Castañon y Hamamitsu (2002) en las dosis de 0 Kg/100 m², de 50 Kg/100 m² y 100 Kg/100 m², de igual manera se tomó en cuenta el porcentaje de humedad de cada uno de los estiércoles detallados en el Cuadro 3. El procedimiento del análisis de humedad y la obtención de los valores se presentan en los anexos.

Cuadro 3. Porcentaje de humedad y cantidad de estiércol requerida en la evaluación

Tipo de estiércol	Humedad (%)	Cantidad (Kg)
Oveja	13,26	85
Alpaca	14,41	86



**Figura 10. Pesado del estiércol de alpaca y oveja
CIDAB -Tiquina**

3.3.4 Incorporación del estiércol a los estanques

Se realizó la incorporación del estiércol de acuerdo a los tratamientos establecidos. Primeramente se procedió a la apertura del canal principal para permitir el ingreso del agua para el llenado del estanque a una altura de 80 cm, como segundo paso, se esparció de la manera más homogénea posible el estiércol en toda el área del estanque.



**Figura 11. Incorporación del estiércol en los estanques
CIDAB – Tiquina**

3.3.5 Toma de muestras

3.3.5.1 Temperatura y pH

Con la ayuda de un pH-metro digital se procedió a las lecturas del pH y la temperatura del agua para cada fecha de evaluación.



**Figura 12. Toma de datos de T° y pH del agua
CIDAB – Tiquina**

3.3.5.2 Muestreo de zooplancton

Primeramente se realizó la toma de muestra de 10 litros de agua del estanque que luego se procedió a depositar en el colector de zooplancton, una vez obtenida la muestra en el colector esta se vació a frascos los cuales contenían de 3 a 5 gotas de formol al 10% para mantener en buen estado las muestras. Para obtener el siguiente muestreo la red de zooplancton previamente fue enjuagada en el agua tres veces.



Figura 13. Muestreo de 10 lts de agua con la red de zooplancton y vaciado de muestra a frasco con formol 10%



Figura 14. Vaciado de la muestra de zooplancton a los tubos graduados de 50 ml. Laboratorio CIDAB – TIQUINA



**Figura 15. Conteo de zooplancton en el microscopio con monitor
Laboratorio CIDAB – Tiquina**

Una vez en el colector se traspasó a las botellas toma muestras. En laboratorio estas muestras fueron vaciadas a tubos graduados de 50 ml para posteriormente tomar una alícuota de 1 ml, previamente agitada, de esta manera se procedió al recuento de zooplancton con la ayuda de un microscopio conectado a un monitor para facilitar el trabajo.

3.4 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue el Diseño Completamente al Azar con arreglo bifactorial, donde los Factores estudiados fueron:

Factor A: Tipos de estiércol

a₁: Estiércol ovino

a₂: Estiércol de alpaca

Factor B : Niveles de fertilización recomendadas por Hamamitsu y Castañon (2002)

$b_1 : 50 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$

$b_2 : 100 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$

Tratamientos:

To : Sin estiércol o Testigo absoluto

TI : $a_1 b_1 =$ Estiércol ovino - $50 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$

TII : $a_1 b_2 =$ Estiércol ovino - $100 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$

TIII : $a_2 b_1 =$ Estiércol de alpaca - $50 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$

TIV : $a_2 b_2 =$ Estiércol de alpaca - $100 \text{ kg}/100 \text{ m}^2$

3.4.1 Análisis Estadístico

3.4.1.1 Estadística Descriptiva

Para el análisis de los conteos se emplearon diagramas de barras, por familia de organismos en el tiempo y por tratamiento, a partir de las frecuencias observadas en el ensayo.

VARIABLES como el pH, Temperatura, Contenido de Clorofila y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se analizaron con diagramas de dispersión y líneas, en dos dimensiones donde la variable independiente (el eje X) corresponde al tiempo.

3.4.1.2 Modelo estadístico

El arreglo factorial, con un tratamiento extra (testigo absoluto), se analiza de acuerdo a las modificaciones descritas por Rodríguez del Ángel (1991). Ya que éste tratamiento se puede clasificar fácilmente en los dos factores pero al combinarlo se repite varias veces, redundando en su análisis, se lo considera como un tratamiento diferente de las combinaciones factoriales.

Reyes (1995) señala que las variables analizadas en base a conteos (conteo de organismos) no siguen una distribución normal, sino que se ajustan la distribución de Poisson, es necesaria una transformación logarítmica para poder aplicar el análisis de varianza tradicional en base a la distribución de F. Muchas veces sin embargo no es posible ajustar la distribución mediante esta transformación por lo que es preferible analizar la variable bajo su propia distribución. Siles (2004) menciona que los datos provenientes de conteos, que son variables discretas, generalmente siguen la distribución de Poisson o la distribución Binomial negativa, el procedimiento adecuado en estos casos es el análisis en base al estadístico de Wald, el cual sigue una distribución de X^2 (Chi cuadrada), el modelo estadístico para este caso es:

$$\eta_{ijk} = \log [E(y_{ijk})] = \eta + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Para:

η_{ijk}	= Una observación cualquiera
$\log [E(y_{ijk})]$	= Función de ligamiento, logaritmo de la esperanza del número de organismos
η	= Efecto medio general
α_i	= Efecto del i-ésimo Tipo de estiércol
β_j	= Efecto de la j-ésima Dosis de fertilización
$(\alpha\beta)_{ij}$	= Efecto de interacción i-ésimo Tipo de estiércol con el j-ésimo nivel de Dosis de fertilizante
ε_{ijk}	= Error Experimental distribuido según Poisson

Se verificó el supuesto de distribución normal de los conteos mediante el estadístico de Wilks, aún así las variables originales y transformadas presentaron distribuciones alejadas de la normal. Por lo que se continuó el análisis de datos con el procedimiento Genmod (Modelos Generalizados) de SAS v.8, el cual realiza el análisis de varianza de Wald, las pruebas para comparar medias o efectos entre los Tratamientos Factoriales y el Testigo fueron contrastes de Wald a 1 grado de libertad, el nivel de significancia empleado fue del 5 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos durante el ensayo en cuanto a condiciones experimentales y variables de respuesta se detallan a continuación

4.1 Análisis del estiércol de alpaca y ovino

4.1.1 Análisis químico del estiércol

Los resultados de los diferentes análisis en base a los métodos de cuantificación de los diferentes componentes del estiércol, se presentan a continuación:

Cuadro 4. Composición química del estiércol de alpaca y ovino

Tipo de estiércol	Humedad (%)	Proteína *	Grasa *	Carbohidratos *	Cenizas *
		(%)	(%)	(%)	(%)
Estiércol Oveja	9,84	12,71	1,47	66,26	19,54
Estiércol Alpaca	11,02	12,87	1,59	69,22	16,30

* Ajustadas a Base Materia Seca

Fuente: Elaboración propia en base a análisis químico de estiércol

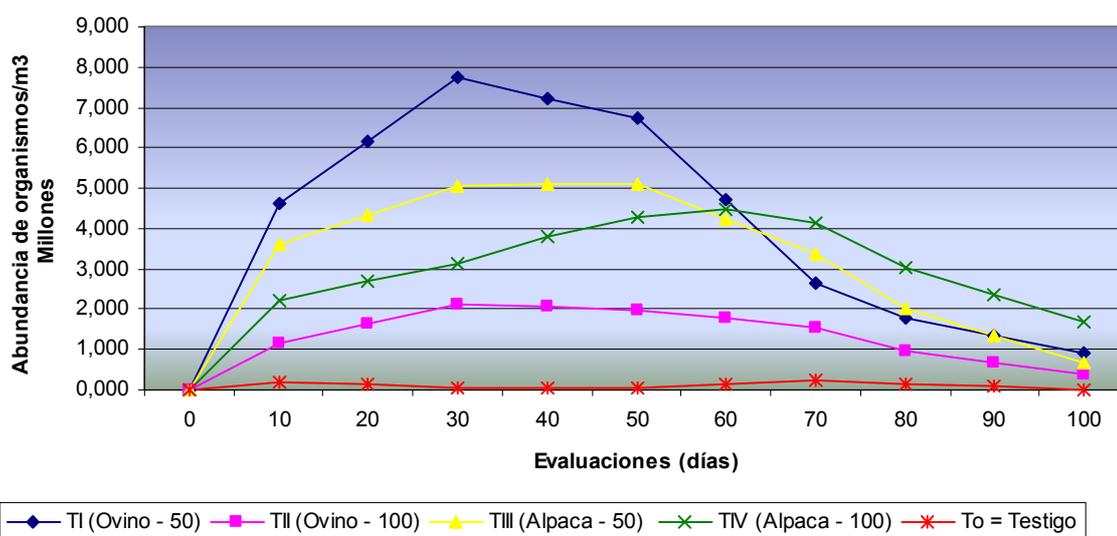
De acuerdo al Cuadro 4 se aprecia que los dos tipos de estiércol aplicados al ensayo presentan similares valores en su composición química con respecto al contenido de humedad, sin embargo para eliminar el efecto de la humedad, se estimó la composición de grasa, proteína, carbohidratos y cenizas, en base a materia seca. Los resultados muestran composiciones químicas muy similares siendo el estiércol de Alpaca ligeramente superior en proteína, grasa y carbohidratos con respecto al estiércol de Oveja, pero no así en ceniza.

4.2 Análisis de la producción de zooplancton

4.2.1 Producción de zooplancton por tratamiento

En la Gráfica 1, se observa la producción de zooplancton por tratamiento durante todo el ensayo, la producción de zooplancton siguió la curva de crecimiento típica para los tratamientos TI, TII, TIII y TIV, mientras que el Testigo muestra una producción de zooplancton casi lineal. En la aplicación del tratamiento TI, se obtiene una mayor producción de zooplancton a los 30 días, mientras que con TIV, alcanza la máxima producción a los 50 días. De acuerdo a Guerrero (1993), estos resultados se justifican debido a que el estiércol de oveja es un abono caliente, por lo tanto el tiempo de descomposición es menor en el estiércol de oveja que la de alpaca.

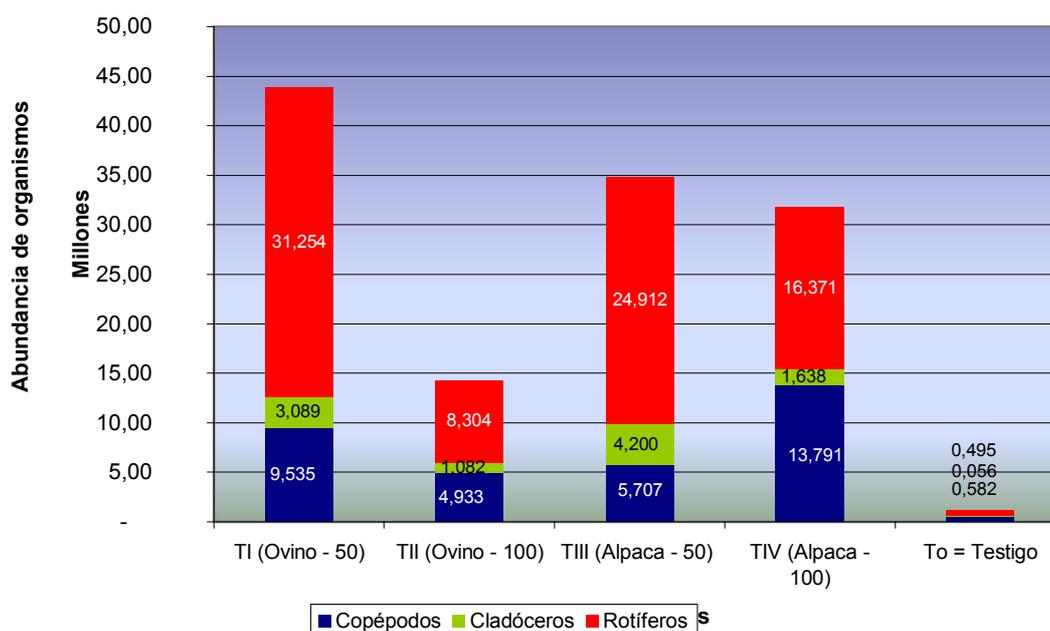
Las mayores dosis de estiércol (100 kg/m^2), no logran superar en abundancia de organismos a los tratamientos con dosis de 50 kg/100m^2 en gran parte de la primera fase del desarrollo de la evaluación, salvo en la etapa final del ensayo y el Tratamiento IV en la fase central de evaluación, esto debido a que las mayores cantidades de estiércol pueden afectar en la disponibilidad de oxígeno lo que afectará en la abundancia de organismos.



Gráfica 1. Abundancia de organismos por tipo y dosis de estiércol

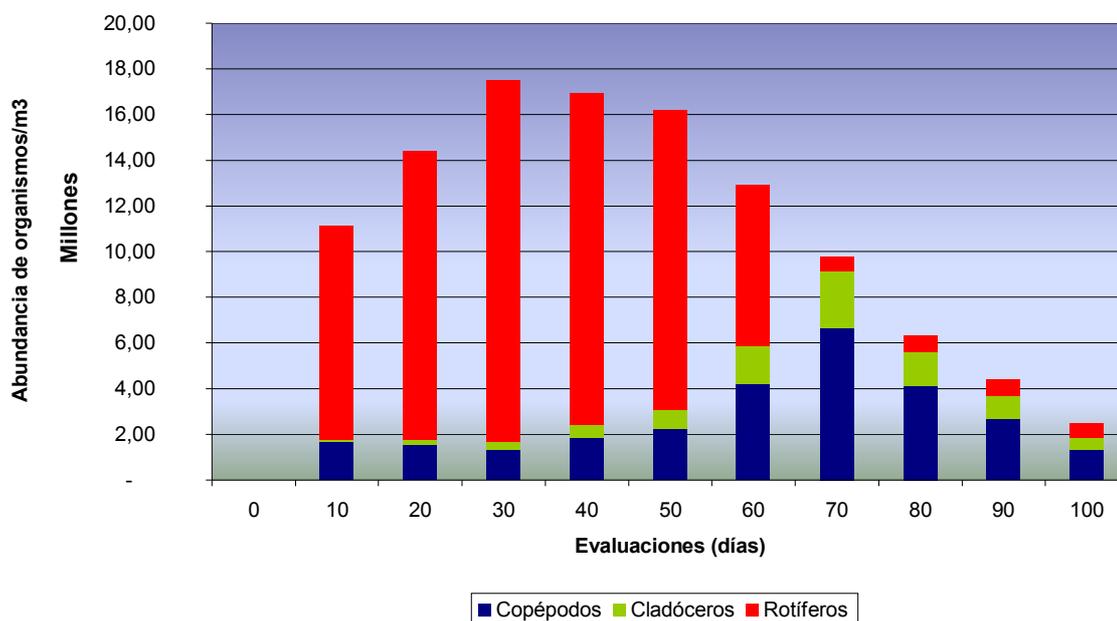
4.2.2 Producción de zooplancton por familias y tratamiento

Durante el desarrollo del ensayo en la producción de zooplancton se identificó tres familias, como se puede ver en la Gráfica 2, la familia de los rotíferos fue la que predominó o tuvo mayor producción, seguida por la familia de los copépodos y se tuvo menor producción de la familia de los cladóceros, excepto en el Testigo donde la cantidad producida de las tres familias es igual y baja debida a que no se les aplico materia orgánica. Los tratamientos con dosis de estiércol de 100 kg/100m², no producen, en promedio, mayor abundancia de organismos en comparación con los tratamientos con dosis de 50kg/100m², en la curva de crecimiento se explicó que esto se atribuye a la menor disponibilidad de oxígeno disuelto, aunque TIV (Alpaca-100 kg/100m²) logra similar abundancia de organismos en comparación con TIII (Alpaca-50kg/100m²).



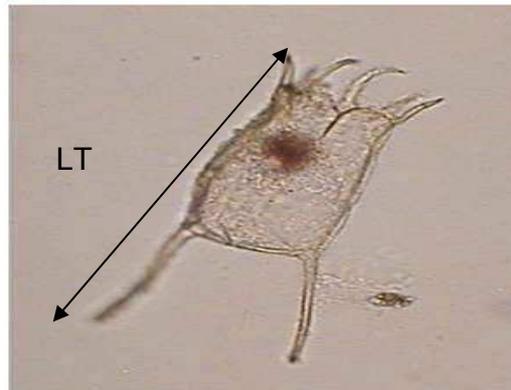
Gráfica 2. Producción de zooplancton por familias y tratamiento

En la Gráfica 3, se presenta el desarrollo de los diferentes tipos de organismos, se puede observar diferentes tendencias de desarrollo en el tiempo:



Gráfica 3. Producción de zooplancton por familias y evaluaciones

En la Gráfica 3 se observa que hasta los 60 días la población de rotíferos predomina, pero a partir de los 40 días la población de copépodos empieza a crecer hasta que a los 70 días la población que predomina, González (1998) indica que generalmente los Rotíferos son abundantes y se desarrollan bien en aguas bien oxigenadas y son escasos cuando el contenido de oxígeno es bajo, esto explica, el que los Rotíferos tienen una mayor abundancia en las primeras fases de evaluación, pero a mayor tiempo, su población disminuye debido a que a disponibilidad de oxígeno disminuye lo que afecta la abundancia de éstos. El análisis visual de microscopio de la Figura 16, muestra las características de los Rotíferos, los cuales se ajustan a la descripción de Infante (1998).



**Figura 16. Longitud Rotífero 263 micras
Laboratorio CIDAB-Tiquina (2002)**

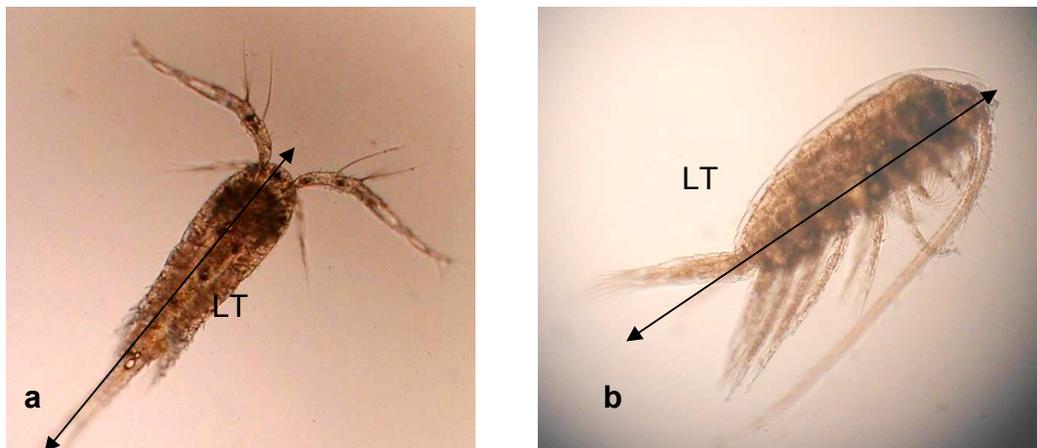
Mientras que la población de Cladóceros se mantiene casi constante durante todo el ensayo, éstos tienen una mayor versatilidad, y mayor rango de distribución, Paggi (1995) indica que habitan diversos ambientes desde grandes lagos hasta pequeños charcos y aún aguas intersticiales, esto explica que su población no sufrió grandes cambios en el periodo de evaluación. El análisis bajo microscopio de la Figura 17, muestra la característica que resalta Infante (1998) quien menciona que estos organismos son conocidos como “pulgas de agua” por su parecido morfológico con estos insectos.



**Figura 17. Longitud Cladóceros 475 micras
Laboratorio CIDAB – TIQUINA**

Finalmente los Copéodos muestran una población más estable en comparación con los Rotíferos y Cladóceros, Reid (1985) indica que éstos generalmente son muy abundantes y se presentan en la mayoría de los cuerpos de agua del mundo.

El examen visual de microscopio de la Figura 18, muestra que éstos son de cuerpo alargado y cilíndrico, de color naranja intenso, tal como los describe Infante (1998) quien además menciona que este color se debe a la presencia de un caratenoide: la astaxantina.



**Figura 18. Longitud Copéodos a) 1,215 mm b) 609 micras
Laboratorio CIDAB – Tiquina**

4.2.3 Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton

4.2.3.1 Producción de zooplancton a los 10 días

El Cuadro 5 resume el análisis de varianza para la producción de zooplancton.

Cuadro 5. Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton (organismos/m³) a los 10 días

FV	GL	Wald o X^2	P > Wald	Significación
Testigo vs Factorial	1	217,42	< 0,0001	*
Estiércol	1	37,48	< 0,0001	*
Dosis	1	1558,48	< 0,0001	*
Estiércol*Dosis	1	275,33	< 0,0001	*

*: Significativo al nivel del 5%

Para la primera evaluación se lograron efectos significativos en la comparación Testigo vs Factorial y Dosis de estiércol, las diferencias entre el Testigo y los Tratamientos Factoriales se atribuyen a la falta de alimento (fertilización orgánica) en el Testigo para el desarrollo de los organismos.

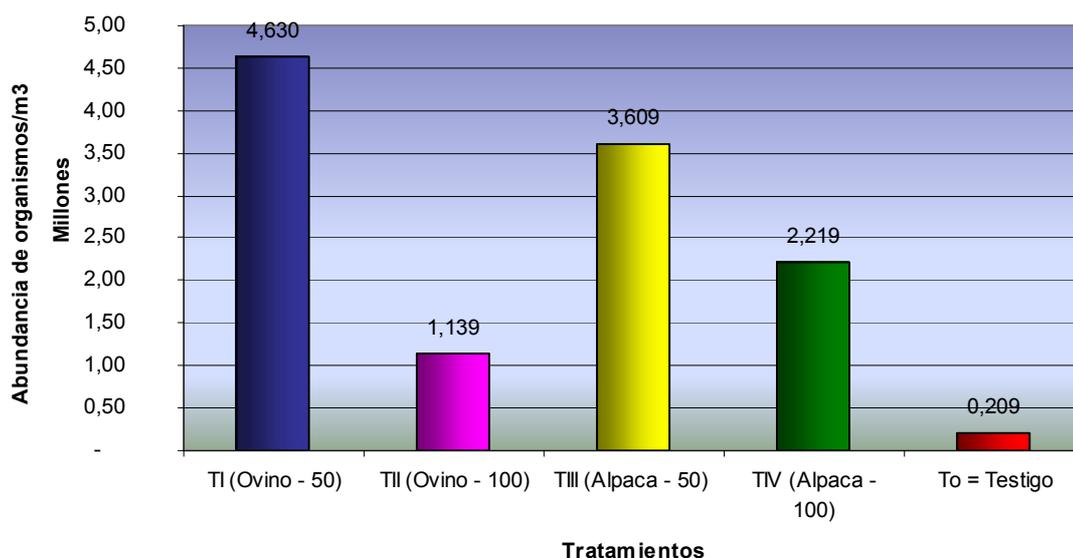
Las diferencias entre Dosis se deben a la cantidad de alimento disponible para el desarrollo de los organismos. Las dosis de estiércol influyen en el crecimiento de organismos, Porras (1985) indica que un exceso de estiércol puede ser dañino, ya que afecta al proceso oxidación que se acelera y por lo tanto también se acelera el contenido de oxígeno, que luego se consume rápidamente.

También se detectó diferencias estadísticas entre los dos tipos de estiércol, pese a la similar composición de los nutrientes que aportan ambos tipos de estiércol en el desarrollo de organismos.

La interacción Tipo de estiércol y Dosis de estiércol es significativa, lo que indica que ambos factores no son independientes en la abundancia de organismos. Es decir que el efecto del tipo de estiércol sobre la abundancia de organismos es diferente en las dosis de estiércol, una mejor comprensión de lo descrito, se logra estudiando la Gráfica 4.

4.2.3.1.1 Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de estiércol a los 10 días

La siguiente gráfica resume las medias de abundancia de organismos por efecto de los diferentes tratamientos en base a dosis y tipo de estiércol.



Gráfica 4. Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de Estiércol a los 10 días

De acuerdo al Cuadro 5, se obtuvo diferencias significativas entre el Testigo y los Tratamientos Factoriales ($P < 0,05$) cuyas medias se analizan en la Gráfica 4 mediante el contraste de Wald, las diferencias de la producción de zooplancton organismos/m³ del Testigo (0 Kg/100m²) con media 100,000.00 respecto de los

demás tratamientos, son significativas, es decir que el Testigo tiene una menor producción de zooplancton (organismos/m³) que los tratamientos TI, TII, TIII y TIV. Estas diferencias se atribuyen principalmente a que el Testigo al carecer de materia orgánica, no favorece al desarrollo de los microorganismos, por lo que no se observará un gran desarrollo de éstos en aguas de poco contenido de sustrato orgánico.

En esta fase temprana, hay una tendencia a un mayor desarrollo de los organismos en los tratamientos con estiércol de oveja, Guerrero (1993) menciona que el estiércol de oveja se considera un estiércol caliente, lo que hace que su descomposición sea más rápida en comparación con el estiércol de alpaca.

También se nota una mayor abundancia de organismos en tratamientos con dosis de estiércol de 50 kg/100m², en comparación a los tratamientos que recibieron dosis de estiércol de 100 kg/100m², debido a que elevadas cantidades de materia orgánica afectan la disponibilidad de oxígeno para el desarrollo de los organismos. Esta observación es corroborada por Porras (1985) que menciona que un exceso de estiércol acelera el proceso de oxidación y el contenido de oxígeno se gasta al principio cerca del fondo y posteriormente en la superficie.

4.2.3.2 Producción de zooplancton a los 50 días

El Cuadro 6 resume el análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton.

Cuadro 6. Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton (organismos/m³) a los cincuenta días

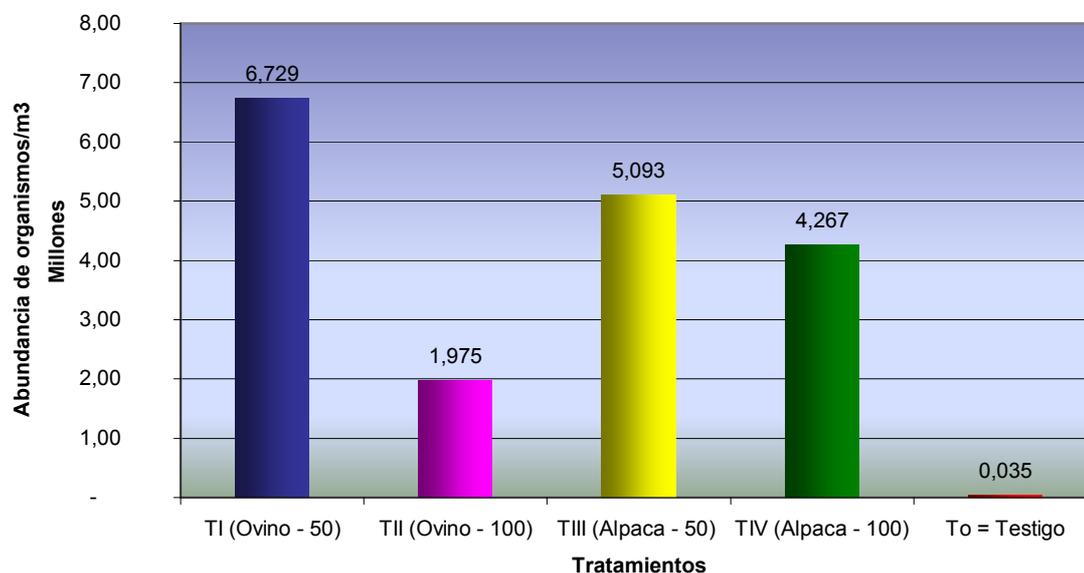
FV	GL	Wald o X^2	P > Wald	Significación
Testigo vs Factorial	1	84,53	< 0,0001	*
Estiércol	1	333,88	<0,0001	*
Dosis	1	389,91	<0,0001	*
Estiércol*Dosis	1	258,88	<0,0001	*

*: Significativo al nivel del 5%

A los 50 días se lograron efectos significativos en la comparación del Testigo y los Tratamientos Factoriales ($P < 0,05$), éstas diferencias se atribuyen a la falta de alimento (fertilización orgánica) en el Testigo para el desarrollo de los organismos, en comparación de los tratamientos que recibieron cantidades de materia orgánica que posibilita el desarrollo de los organismos.

Además de diferencias significativas en abundancia entre los tipos de estiércol y finalmente diferencias significativas entre dosis, las cuales se atribuyen a la cantidad de materia orgánica. De igual forma a la primera evaluación, la interacción Tipo de Estiércol y Dosis es significativa, por lo que se profundiza su estudio en la Gráfica 5.

4.2.3.2.1 Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de estiércol a los 50 días



Gráfica 5. Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de Estiércol a los 50 días

Las diferencias entre el Testigo vs Factorial ($P < 0,05$), se analizan en la Gráfica 5, mediante contrastes de Wald, las diferencias en la producción de zooplancton (organismos/m³) del Testigo (0 Kg/100m²) con media 17.500 respecto de los demás tratamientos, son significativas, el Testigo tiene una menor producción de zooplancton que los tratamientos TI, TII, TIII y TIV. Estas diferencias se atribuyen a que en esta etapa los tratamientos con la aplicación de estiércol lograron producir mayores cantidades en el número de organismos por unidad de volumen, debido principalmente por la disponibilidad de materia orgánica en comparación con el Testigo (sin aplicación de estiércol).

También se observa una mayor abundancia de organismos en tratamientos con estiércol de alpaca, esto se puede atribuir a que el estiércol de alpaca es considerado un estiércol frío, según Guerrero (1993), el estiércol de ovino, que es considerado caliente, se descompone de forma más rápida. En esta etapa el estiércol de alpaca recién alcanza su máxima producción en comparación con el estiércol de oveja que alcanzó su mayor producción antes.

4.2.3.3 Producción de zooplancton a los 100 días

El Cuadro 7 resume el análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton.

Cuadro 7. Análisis de varianza de Wald para la producción de zooplancton (organismos/m³) a los cien días

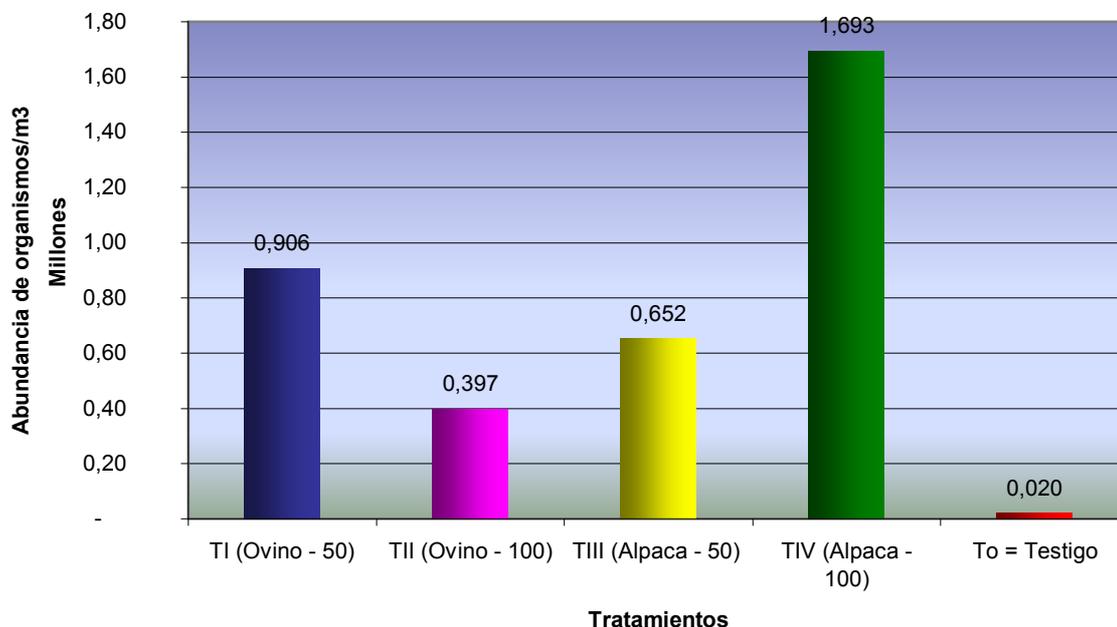
FV	GL	Wald o X^2	P > Wald	Significación
Testigo vs Factorial	1	276,02	< 0,0001	*
Estiércol	1	270,18	<0,0001	*
Dosis	1	169,40	<0,0001	*
Estiércol*Dosis	1	52,37	<0,0001	*

*: Significativo al nivel del 5%

Para la evaluación final se lograron efectos significativos en la comparación del Testigo y los Tratamientos Factoriales, las diferencias se atribuyen a la falta de alimento (fertilización orgánica) en el Testigo para el desarrollo de los organismos en comparación de los otros tratamientos que recibieron materia orgánica. Además se presentan diferencias significativas entre los tipos de estiércol y también diferencias para las dosis de estiércol, en la abundancia de organismos.

Las diferencias entre dosis pueden atribuirse a las diferentes cantidades de estiércol que se aplicaron. De igual forma que en los anteriores análisis la interacción Tipo de estiércol y Dosis de estiércol presenta significación estadística, lo que significa la no independencia de ambos factores, es decir que el efecto del tipo de estiércol sobre la abundancia de organismos es diferente para las dosis estudiadas. Una mejor apreciación se tiene en la Gráfica 6.

4.2.3.3.1 Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de estiércol a los 100 días



Gráfica 6. Producción de zooplancton por Tipo y Dosis de Estiércol a los 100 días

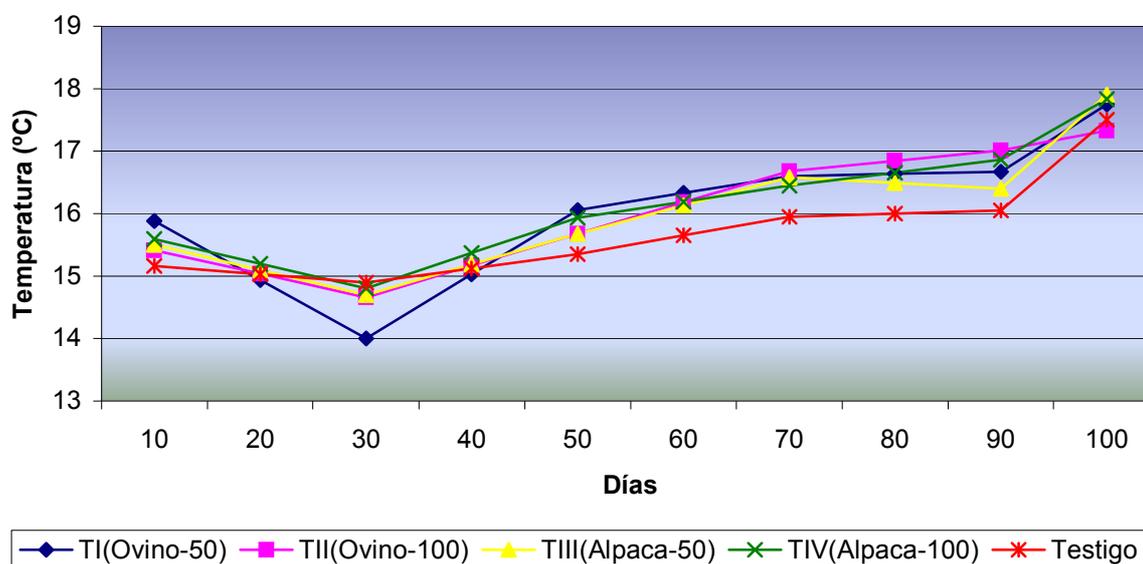
De acuerdo al Cuadro 7, se obtuvo diferencias significativas entre el tratamiento Testigo y los Tratamientos Factoriales ($P < 0,05$) cuyas comparaciones se resaltan en la Gráfica 6, mediante contrastes de Wald a un grado de libertad, las diferencias en la producción de zooplancton del Testigo ($0 \text{ Kg}/100\text{m}^2$) con media $35.000,00$ respecto de los demás tratamientos son significativamente diferentes, el Testigo tiene una menor producción de zooplancton organismos/ m^3 que los tratamientos TI, TII, TIII y TIV.

De forma general los efectos medios de los tratamientos que recibieron estiércol, son menores al análisis de 50 días, de acuerdo a la curva de crecimiento, a los 100 días las curvas se encontraban en su punto de decline. Sin embargo hay que notar la tendencia de la dosis de $100 \text{ kg}/100\text{m}^2$, de producir una mayor abundancia de organismos en comparación con los tratamientos con dosis de $50 \text{ kg}/100\text{m}^3$.

4.3 Análisis de las variables físico-químicas

4.3.1 Temperatura

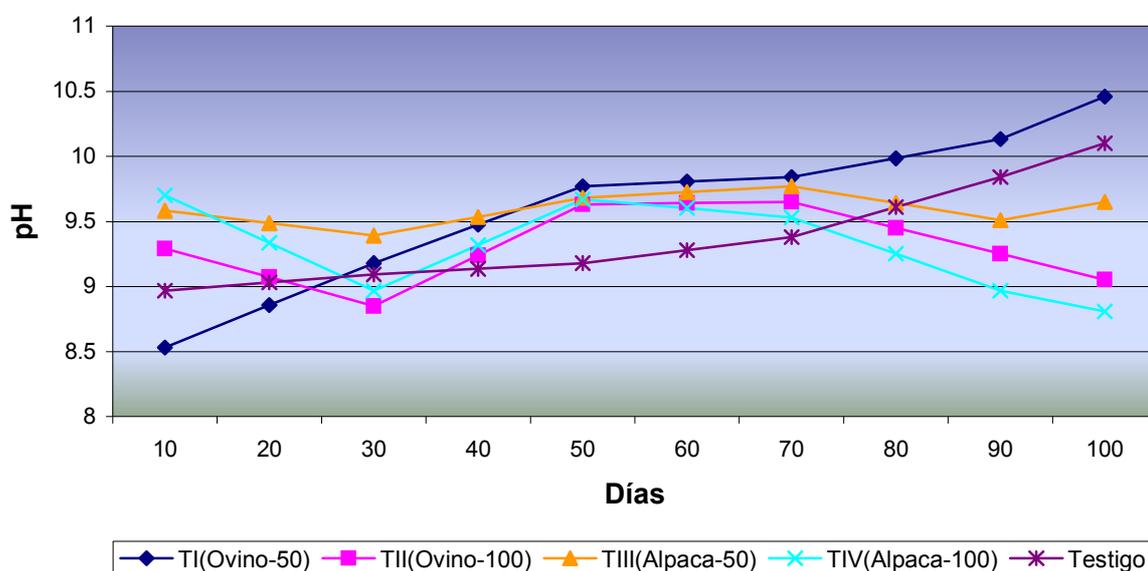
En la Gráfica 7 se observa que el comportamiento de la temperatura fue similar a lo largo del ensayo para todos los tratamientos. La temperatura influyó de manera similar durante el desarrollo del ensayo en todos los tratamientos, mostrando un incremento de 2 °C. El rango de variación se encontró de 14 a 18 °C, Margalef (1983) menciona que en el caso de reproducción de cladóceros se necesita de aproximadamente 100 horas a temperaturas de 15 °C, y que a mayor temperatura la eclosión de huevos es más rápida. Dadas las condiciones del altiplano, la temperatura es un factor que influye en la abundancia de organismos, ésta tuvo el mismo efecto en los tratamientos estudiados.



Gráfica 7. Comportamiento de la temperatura por Tipo y Dosis de Estiércol

4.3.2 pH

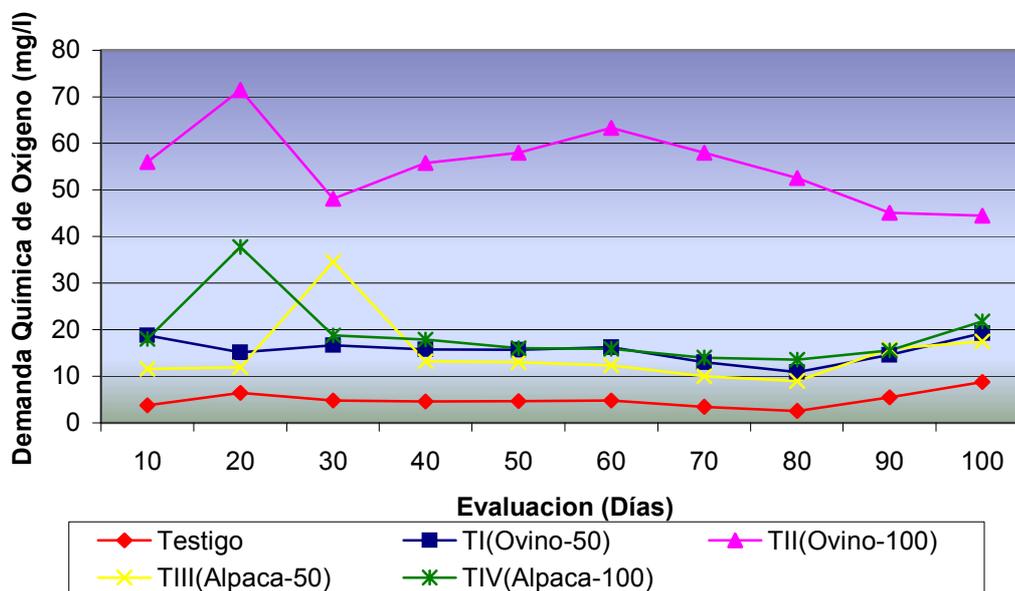
En la Gráfica 8 se observa que el pH de los diferentes tratamientos fue muy variable, el rango de variación estuvo entre 8,5 a 10,5, el pH aumento ligeramente con el tiempo, los tratamientos con dosis de estiércol de 50 Kg/100 m² fueron los que lograron un mayor pH al final del periodo experimental en comparación con los tratamientos con dosis de estiércol de 100 Kg/100 m². Meneses (1998) en un estudio sobre Cladóceros en la laguna Alalay reporta un rango de 7,2 a 9,6 de pH los cuales demuestran alcalinidad., aunque también reporta valores de pH de 9 a 10 en gestiones anteriores. Barnabé (1996) indica que en medios cerrados generalmente se observan pH elevados, esto por un desarrollo excesivo de los vegetales (fitoplancton o macrófitos) y al agotamiento de las reservas de carbono provocado por la utilización de CO₂ durante la fotosíntesis, si el pH es muy elevado puede eliminar completamente la fauna planctónica y los peces, por lo que debe ser controlado, menciona que en agua dulce, pH superiores a 10 son letales para la fauna. Se puede corregir el pH con el aporte de amonio (NH₄).



Gráfica 8. Comportamiento del pH por Tipo y Dosis de Estiércol

4.3.3 Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

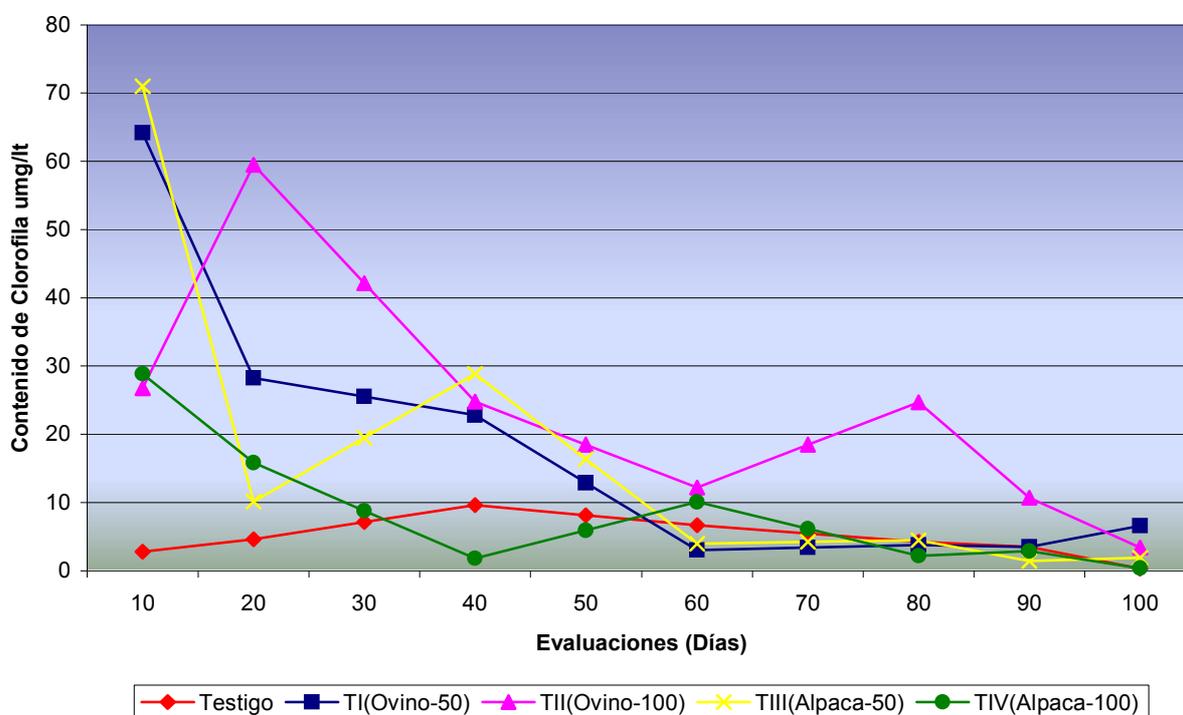
La Gráfica 9, muestra el comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), puede observar de manera general que el Tratamiento IV, con estiércol de Ovino y en una Dosis de 100 kg/100 m², esto significa que a lo largo del ensayo, el Tratamiento IV tiene una mayor concentración de materia orgánica, por lo que requiere de mayor cantidad de oxígeno para su oxidación a CO². A diferencia del estiércol de Alpaca con la dosis de 100 kg/m², se puede notar la característica del estiércol ovino, de ser un estiércol “caliente”. El resto de los tratamientos con aplicación de estiércol, tiene un comportamiento similar, sin grandes cambios en la DQO, lo que indica que requieren de menores cantidades de oxígeno para oxidar la materia orgánica presente. El Testigo tiene a lo largo del ensayo un comportamiento casi lineal, debido a su escaso contenido de materia orgánica, lo que implica una baja cantidad de oxígeno para oxidar la materia orgánica.



Gráfica 9. Demanda Química de Oxígeno por Tipo y Dosis de Estiércol

4.3.4 Análisis del contenido de clorofila

De forma complementaria se tomaron datos de evaluación del contenido de clorofila, En la Gráfica 10 se observa que el contenido de clorofila es alto en las primeras evaluaciones para los tratamientos con aplicación de estiércol en dosis de 50 kg/100m² y va disminuyendo hasta la sexta evaluación a partir de la cual se mantiene casi constante para todos los tratamientos. Esta tendencia se atribuye a que la dosis 50 kg/100m² de materia orgánica no afecta tanto en la abundancia de organismos en comparación con las dosis de 100 kg/100m², una mayor cantidad de materia orgánica también puede afectar en la incidencia de luz, lo que es determinante en el proceso de fotosíntesis, los tratamientos con 50 kg/100m² inicialmente producen mayor fitoplancton, el cual sintetiza la clorofila, pero el fitoplancton es consumido por el zooplancton que se desarrolla, esto ocurre hasta que el sistema se estabiliza.



Gráfica 10. Contenido de clorofila por Tipo y Dosis de Estiércol

4.4 Análisis Económico

Para el Análisis Económico se tomaron en cuenta los costos de producción referida a los costos de estiércol, la mano de obra y el uso de estanques, que se detallan en el Anexo 7, estos costos se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Costos de Producción

Tratamiento	Costo Total (Bs)	Costo Total (Bs/m ²)
Testigo (T0)	311,3	6,37
TI (Ovino en Dosis de 50 kg/100m ²)	439,3	8,98
TII(Ovino en Dosis de 100 kg/100m ²)	467,7	9,56
TIII(Alpaca en Dosis de 50 kg/100m ²)	439,9	8,99
TIV(Alpaca en Dosis de 100 kg/100m ²)	468,4	9,58

Se calcularon los costos por metro cuadrado, así un estanque de 10 m² de superficie tendrá un costo aproximado de 89,8 Bs aplicando estiércol de ovino en una dosis de 50 kg/100m², durante el tiempo de 4 meses aproximadamente.

En los costos de producción los mayores gastos se dan en la construcción de un estanque, que varían de acuerdo al material empleado. Para poder implementar un estanque, cuya vida útil de acuerdo al material pétreo empleado es de 5 a 10 años, Paredes (1999) indica que la tasa de depreciación en estanques es de 10 % con 10 años de vida útil. En el CIDAB donde se desarrolló la investigación el costo de construcción de un estanque de cemento es de 5.000 Bs, para estimar la depreciación de los estanques se tomó en cuenta los 17 años de vida que tenían los mismos.

Los costos por metro cuadrado no difieren significativamente entre los tipos y dosis de estiércol, deduciendo que la fertilización con abono orgánico no incrementa significativamente los costos en comparación con la producción en estanques no fertilizados (Testigo). Se puede mencionar que una de las principales limitantes para la producción de zooplancton ya sea con fertilización o sin ésta, son los elevados costos para la construcción de estanques.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- El Análisis químico del estiércol mostró que tanto el estiércol de alpaca como el estiércol de oveja son similares en cuanto a su composición de Humedad, Proteína, Grasa, Carbohidratos y Cenizas.
- La dosis de estiércol de 50 Kg/100 m² produce una mayor abundancia de microorganismos y en menos tiempo en comparación con la dosis de 100 Kg/100 m².
- Existen diferencias en la producción de zooplancton entre los tipos de estiércol (Ovino y Alpaca), el estiércol de ovino (estiércol caliente) tarda un menor tiempo en producir la máxima cantidad de organismos en comparación con el estiércol de alpaca (estiércol friable), sin embargo el estiércol de alpaca logró una mayor producción durante todo el estudio.
- La interacción del tipo de estiércol y la dosis empleada fue significativa en la abundancia de microorganismos, el análisis de interacción muestra que el tratamiento I, con estiércol de ovino y a una dosis de 50 kg/100 m², logró los mayores valores en abundancia de organismos. Por el contrario el tratamiento II con estiércol de ovino en dosis de 100 kg/100m², produjo la menor cantidad de zooplancton entre todos los tratamientos.
- No se observaron diferencias en la temperatura de los diferentes tratamientos, el comportamiento de esta variable fue similar en los tratamientos, tuvo una tendencia al aumento gradual desde el inicio del ensayo hasta el final de la fase experimental.
- El pH fue una característica muy variable para los diferentes tratamientos en la última etapa experimental, siendo los tratamientos con dosis de estiércol de 50

Kg/100 m² y el Testigo los de mayor pH en comparación a los tratamientos con dosis de 100 Kg/100 m².

- En el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) el tratamiento IV (Estiércol de ovino en dosis 100 kg/100 m²) obtuvo los mayores valores en el ensayo. Lo que indica que este tratamiento debido a su alta cantidad de materia orgánica, requiere una mayor cantidad de oxígeno para la oxidación. El resto de los tratamientos tuvieron valores menores durante todo el ensayo.
- Los costos de producción por metro cuadrado fueron similares para los diferentes tipos y dosis de estiércol, los mayores gastos se dan en el uso y depreciación de estanques

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más pruebas de investigación sobre la producción de zooplancton, realizando el seguimiento sobre los ciclos de vida de cada organismo.
- Realizar pruebas con dosis menores a las utilizadas en el presente trabajo, porque se pudo observar que una gran parte del estiércol quedó sin descomponerse, después de finalizar la prueba.
- Se recomienda realizar los controles periódicos en la mañana, tarde y noche, para obtener datos más representativos.
- Realizar pruebas con otros tipos de estiércol.
- La aplicación del presente trabajo es muy importante en la producción de peces, puesto que el zooplancton es un alimento de buena calidad para los peces en etapa inicial.
- En el lago Titicaca, los peces nativos van disminuyendo en población año tras año y otras se encuentran en peligro de extinción. Una de las medidas, es la reproducción artificial, crianza en cautiverio y liberación. Para lo cual es importante producir alimento vivo (zooplancton), puesto que los alevinos de peces nativos no consumen alimento inerte.
- Para disminuir costos de producción del zooplancton se recomienda evaluar la producción en estanques rústicos, ya que la construcción de estos estanques no demandan grandes inversiones en materiales no locales.

BIBLIOGRAFÍA

BARNABÉ, G. 1996. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Trad. por Eduardo Cunchillos Martínez. Zaragoza, España. Acribia p 39-40.

CASTAÑÓN, V. 1994. Evaluación de técnicas de desove e incubación artificial para *Orestias agassii* y *Orestias luteus*. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

CIADES, 1997. Concepción del suelo y evaluación de su calidad, "Aporte de la agroecología". Modulo II. P 62

ENCARTA. 2001. Enciclopedia Microsoft.

FAO. 1983. El reciclaje de materia orgánica en la agricultura de América latina. Boletín de suelos de la FAO No. 51. Roma- Italia. P 12, 13.

GARCÍA BADELL, J.J. 1983. Tecnología de las explotaciones Piscícolas. Madrid, España. Ed Maravillas. Pp 1 –210.

GUERRERO, B. 1993. Abonos orgánicos – tecnología para el manejo ecológico del suelo. Edit. Red de acción en alternativas de uso agronómico (RAHH). Lima – Perú. P 44.

HEPHER,B; PRUGININ, Y. 1988. Cultivo de peces comerciales: Basado en las experiencias de las granjas piscícolas de Israel. México. Ed. Limusa, p 201-204.

HEPHER, B. 1962. Primary production in Fishponds an its application to fertilization experimntes. Limmol Oceanogr. Pp131-136.

GONZÁLEZ A. 1988. El plancton de las agua continentales. Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 109p.

IRUSTA, R. Determinación de la densidad óptima de truca arco iris (*Orcorhynchus mykiss*) por metro cuadrado hasta obtener el peso comercial, en estanques artificiales. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.

LENDER, T., R. DELAVAUULT., A. LE MOGNIA. 1985 Diccionario de biología. Trad. Por Mercé Serrano y Ferrán Vallespinós. 2^{da} ed., Barcelona-España. Ed. Grijalbo S.A., p 162.

MARGALEF, R. 1983. Limnología 2 da ed. Ed. Omega S.A. Barcelona 1010 p.

MENESES, L. 1997. Estructura de la comunidad de Cladóceros en la Laguna Alalay (Cochabamba, Bolivia). “Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental” Ed. Fundación Simón I Patiño. Cochabamba, Bolivia.

MORALES, H. 1986. Piscicultura con efluentes de biodigestores. Conceptos generales y experiencias en América Latina. Naciones Unidas. CEPAL. México. D. F. 63p.

MONTGOMERY, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. México D.F. Ed. Iberoamericana S.A., p 180.

NIWA, Y., VEGA, R, 1987. Manual técnico VI: Métodos químicos de análisis. La Paz – Bolivia, Ed. CIDPA – JICA, p 10-37.

PAGGI, J. 1995 Crustácea Cladóceras. Lopretto, E. C.& G. Tell (eds) Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. III Ed. Sur, La Plata. 909 – 951 p.

PAREDES, R. 1999. Elementos de Elaboración de Proyectos. Tercera Edición. Imprenta Sanjinés. La Paz, Bolivia. 158 p.

PORRAS D. 1985 Revista Latinoamericana de Acuicultura. N° Especial. Escuela de Ciencias Biológicas Ed. Sistema Económico Latinoamericano (SELA).

REYN, F.; AMAYA, R. 1983. Cartilla para el criador de peces en aguas de calidad. Bogotá-Colombia. Ed. INDERENA.

ROBERTSON, B. & HARDY, E. 1984. zooplankton of Amazonia lakes and rivers. In Sioli. 1984. The Amazon, ed. Junk Publishers. Boston. 337-352 p.

SILES, M. 2004. Análisis de datos categóricos. Apuntes de clase. Postgrado en Manejo y Conservación de los Recursos Genéticos. UMSS. Cochabamba Bolivia.

TACON, A. 1986. Aquaculture feeding options and choice of feeding strategy. Paper presented at the first Inter – American Congress of Aquaculture, September 14 - 21, 1986, Salvador Brasil. 17p.

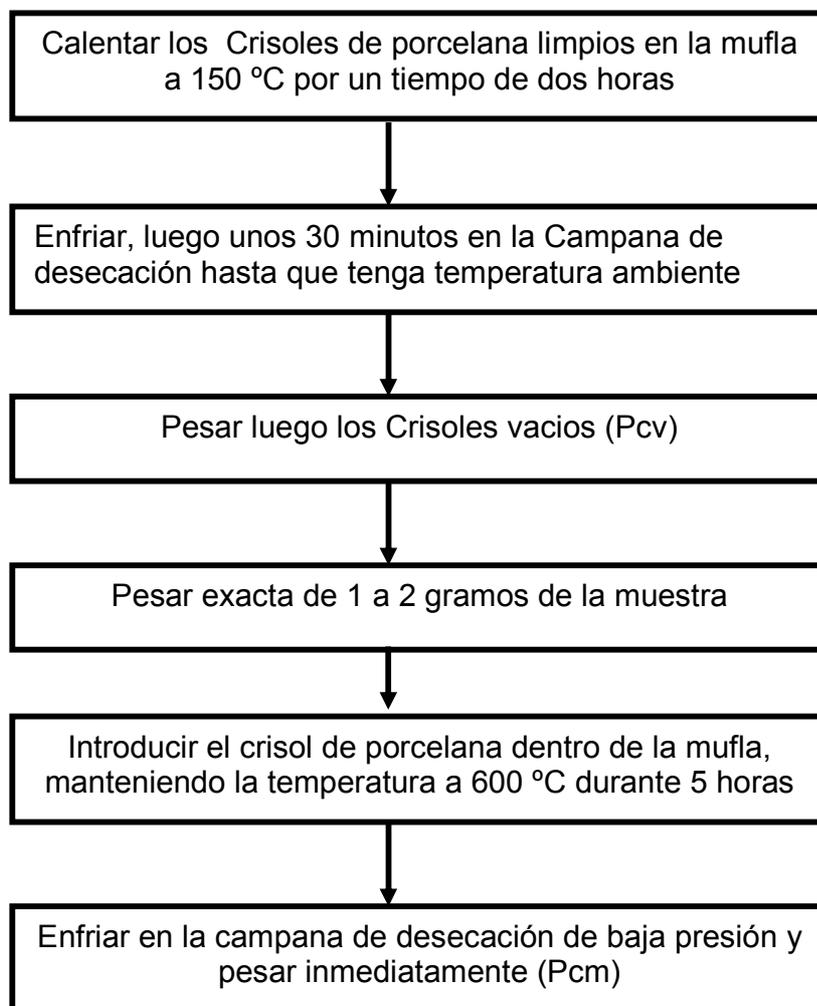
TARQUI F. 2001. Reproducción y crianza de especies ícticas nativas del Lago Titicaca. Segundo Seminario Taller especies ícticas nativas. Chua Cocani. La Paz Bolivia.

TELLES,C. MOTTE, O. 1985 Revista Latinoamericana de Acuicultura. N° Especial. Secretaría de Pesca México. Ed. Sistema Económico Latinoamericano (SELA).

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de cenizas totales de los estiércoles utilizados

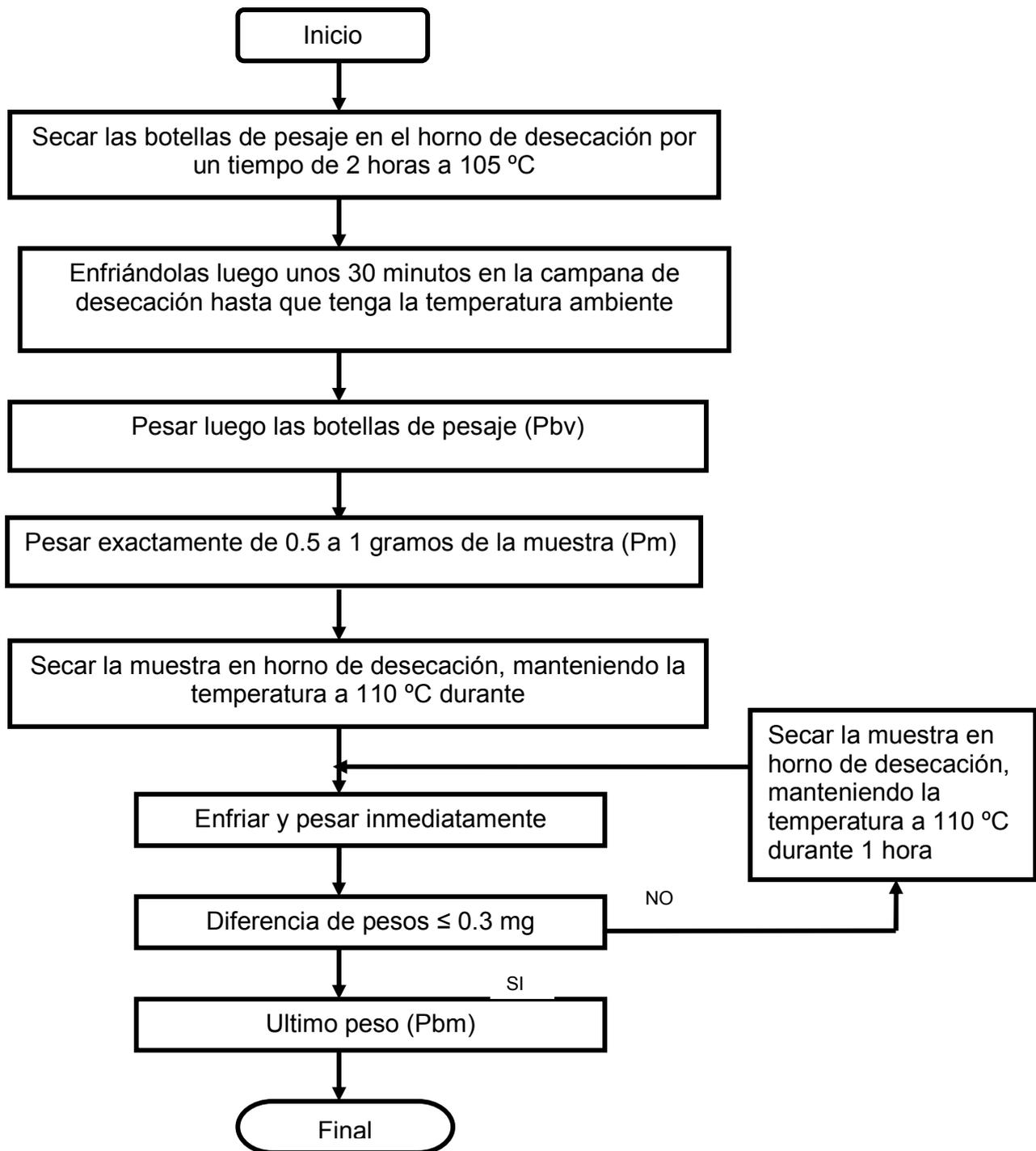
Esquema: Método de calcinación



Fuente : Niwa y Vega (1997)

Anexo 2. Análisis de humedad de los estiércoles utilizados

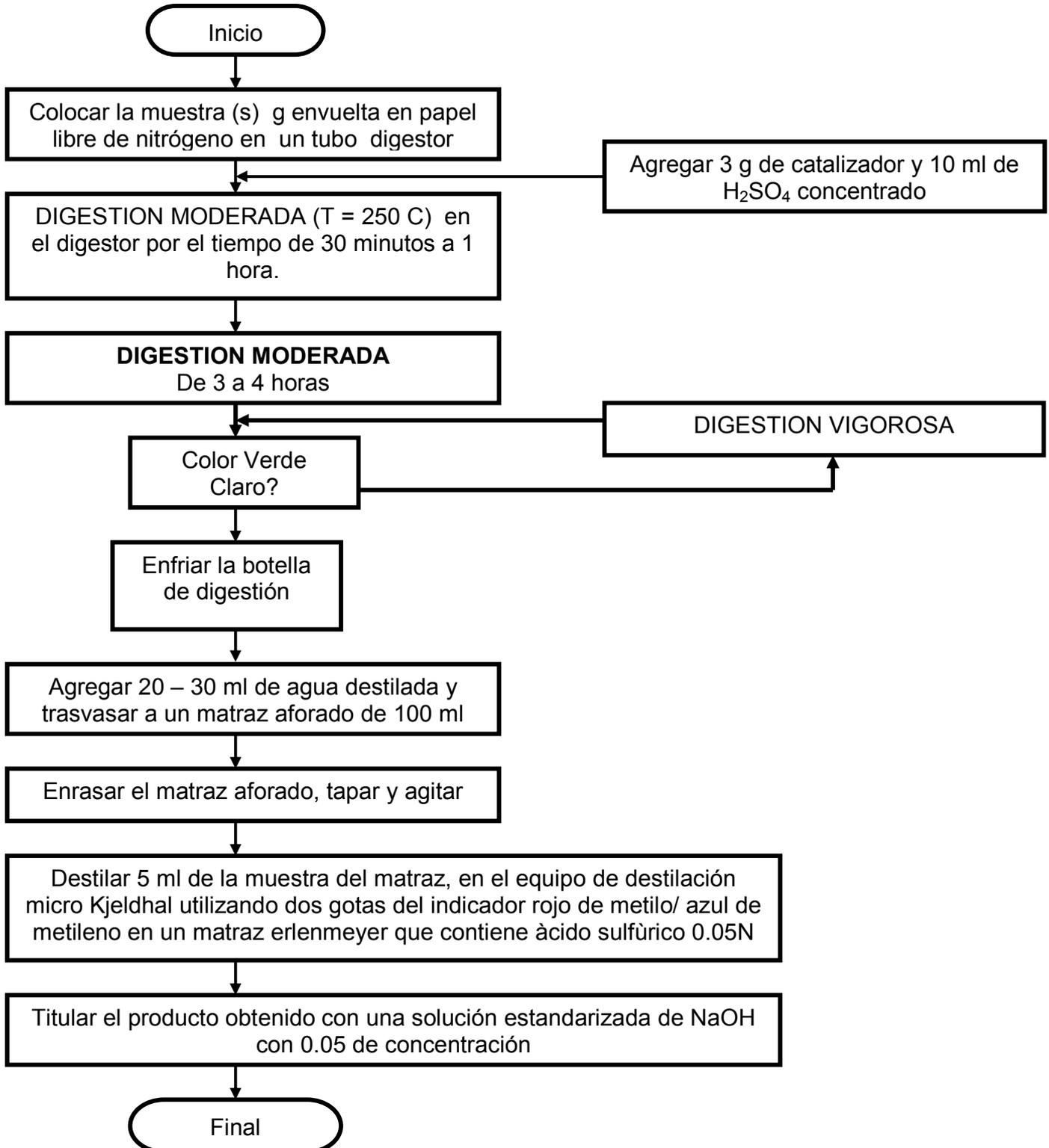
Esquema : Desección por estufa.



Fuente : Niwa y Vega (1997)

Anexo 3. Análisis de proteína cruda de los estiércoles utilizados

Esquema: Método Kjeldahl



Fuente : Niwa y Vega (1997)

Anexo 4. Materiales

4.1 Material y equipo de campo

Material de campo	Unidad	Tamaño Capacidad	Cantidad
Etiquetas	cm.	6x2	45
Frascos de vidrio	ml.	60	30
Frascos de plástico	ml.	100	30
Botellas de plástico	ml.	100	30
Libreta de campo	Unidad	15x6	1
Machete	Unidad	Standard	1
Picota	Unidad	Standard	2
Carretilla	Unidad	Standard	1
Bloques de Madera	Unidad	0.45x1.40	35

4.2 Equipo de muestreo

Equipo de campo	Cantidad
Phmetro digital	1
Red de zooplancton	1
Conservador	1
Cámara FotoGráfica	1

4.3 Equipo de laboratorio

Equipos para análisis	Cantidad
Balanza analítica de 0.1 mg de sensibilidad	1
Horno desecador eléctrico que alcance 110 °C	1
Bomba de vacío	1
Mufla eléctrica de temperatura constante 600 °C	1
Aparato de extracción Soxhlet	1
Digestor (a gas o eléctrico)	1
Equipo de digestión Kjeldahl	1
Equipo de Destilación micro Kjeldahl	1
Microscopio	1
Monitor incorporado a microscopio	1
Tubo de filtración	1
Centrifugadora	1
Espectrofotómetro	1
Equipo de Baño María graduada 100 °C	1
Cámara Digital	1
Refrigerador	1

4.4 Materiales de laboratorio

Materiales de Laboratorio	Cantidad
Botellas de pesaje	12
Campana de desecación a baja presión	1
Crisoles de porcelana de 30 ml.	12
Pinza metálica de mango largo	1
Mortero	10
Cartucho de extracción marca Toyo 84 de 28 mm de diámetro y 100 mm de altura (Filtro dedal)	8
Vasos de precipitado	4
Varillas de vidrio	4
Pinzas	2
Papel de pesaje libre de nitrógeno	24
Frascos de digestión Kjeldahl de 100 ml	8
Buretas de vidrio de 50 y 100 ml	3
Matraces erlenmeyer de 125 y 250 ml	12
Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 ml	4
Propipeta	1
Matraces aforados de 100 ml	5

Tubos de ensayo graduados 50 ml	20
Filtros GF de 47 mm	50
Cámara cerrada de Sedgwick-Rafter (conteo zooplancton)	1
Contadores manuales	5

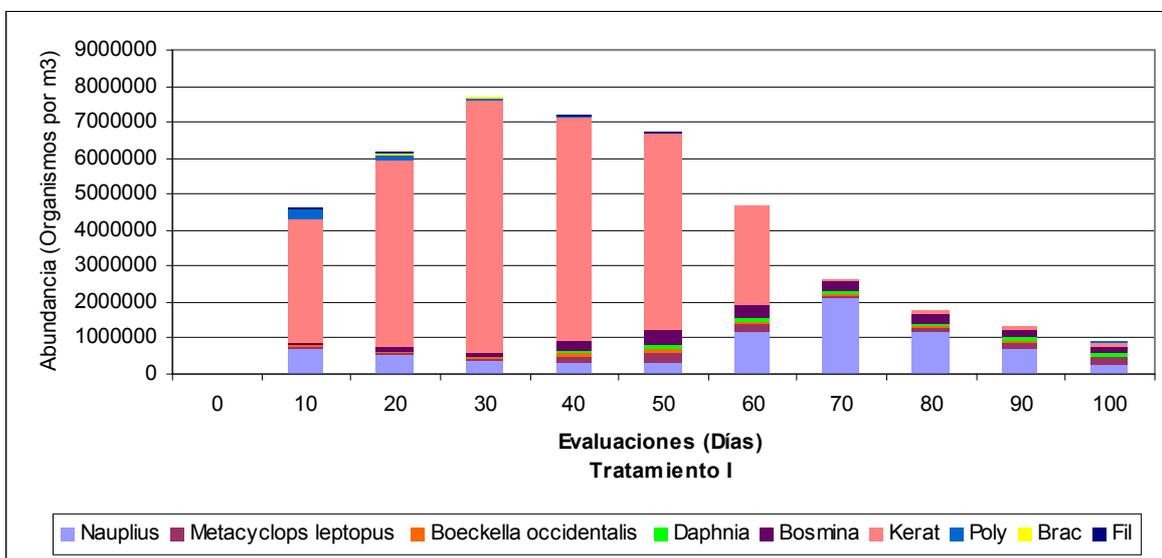
4.5 Reactivos

Reactivos	Cantidad
Éter etílico grado técnico	15000 ml
Na ₂ SO ₄ Sulfato de sodio anhídrido granulado	2250 g.
H ₂ SO ₄ Ácido Sulfúrico concentrado libre de nitrógeno	1500 ml
K ₂ SO ₄ + CuSO ₄ H ₂ O ₉ : Catalizador Sulfato de Potasio + Sulfato de cobre Penta hidratado	450 g.
Indicador de punto final :Rojo de Metilo/Azul de Metilo 2:1.2 partes	300 gotas
H ₂ SO ₄ Ácido Sulfúrico de concentración [0.05]N	18750 ml.
NaOH Hidróxido de sodio al 30%	1500 ml.
NH ₂ -(SO ₃ H) Ácido sulfamílico de grado reactivo	375 g
H ₂ SO ₄ [12]N	1500 ml
Nitrato de plata	150 g.
Permanganato de potasio [0.025]N	2500
Oxalato de Sodio	1500 ml

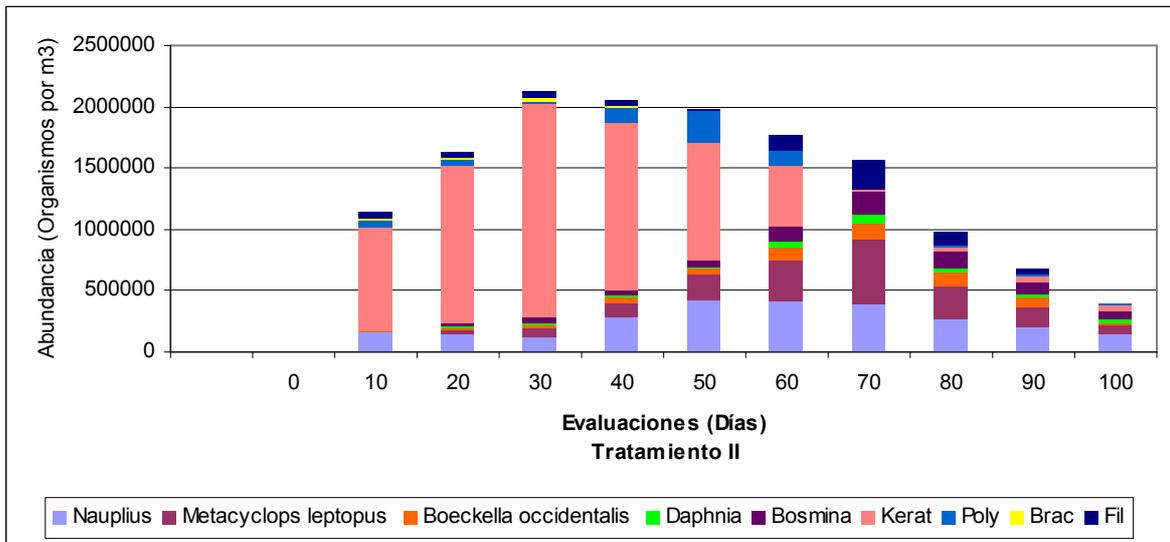
Acetona 85 %	3000 ml.
Agua destilada	10000 ml.
Formol al 10%	1000 ml.

Anexo 5. Abundancia de organismos por especie y tratamiento

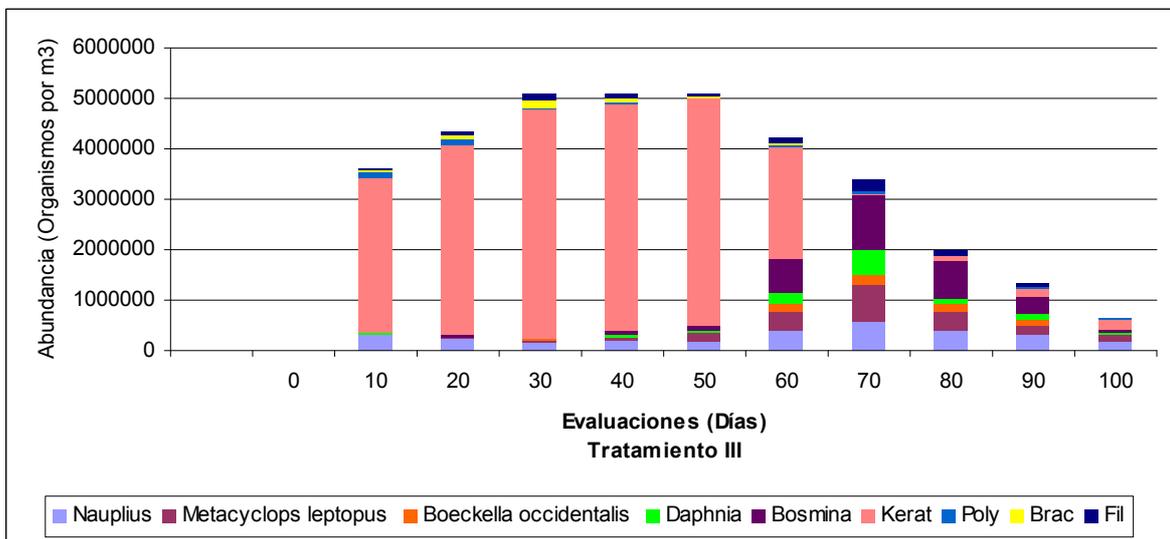
5.1 Abundancia de Organismos Tratamiento I



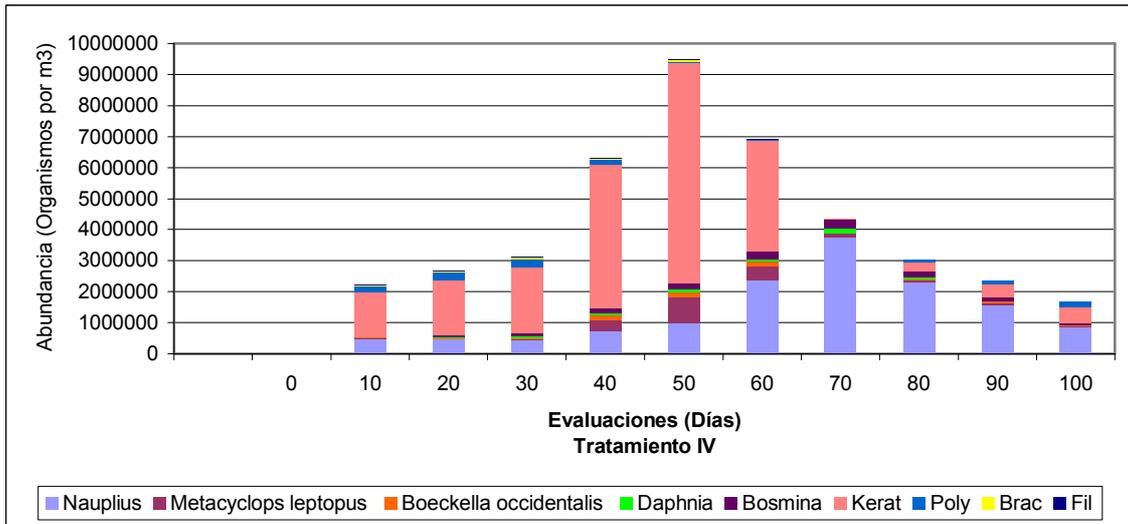
5.2 Abundancia de Organismos Tratamiento II



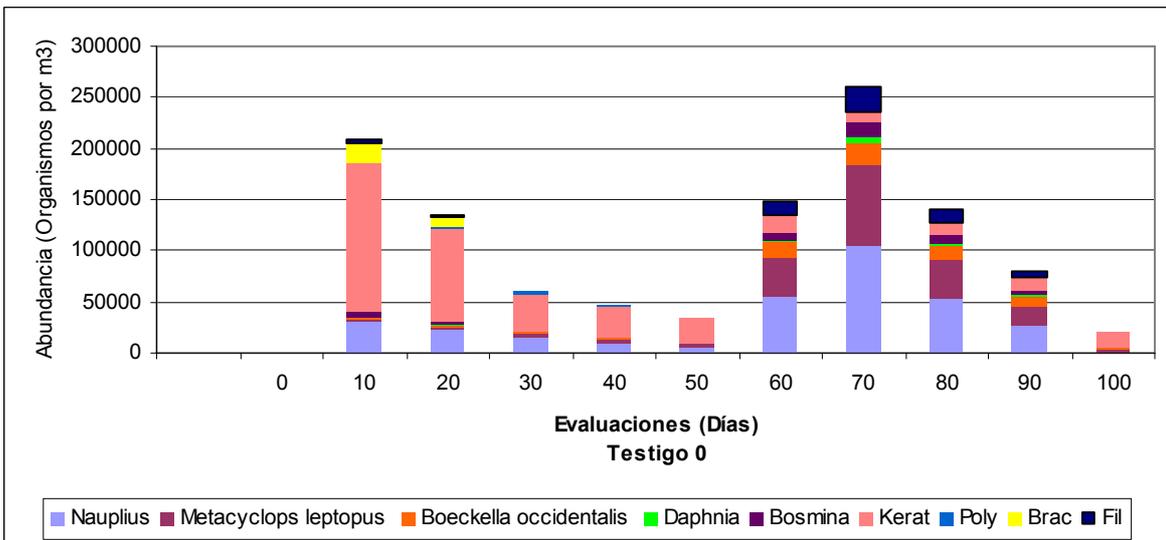
5.3 Abundancia de Organismos Tratamiento III



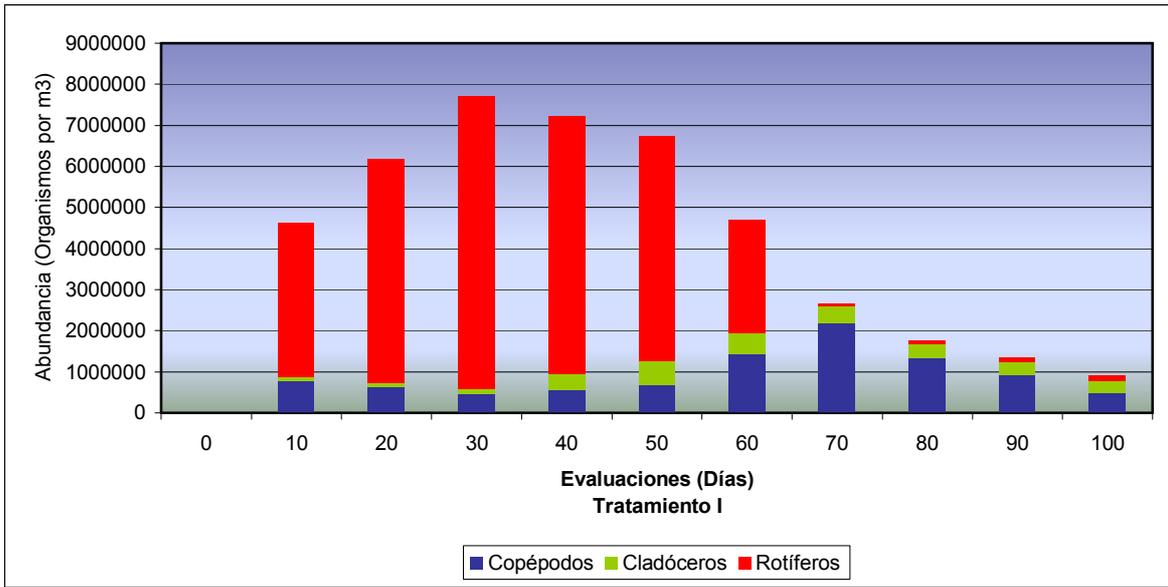
5.4 Abundancia de Organismos Tratamiento IV



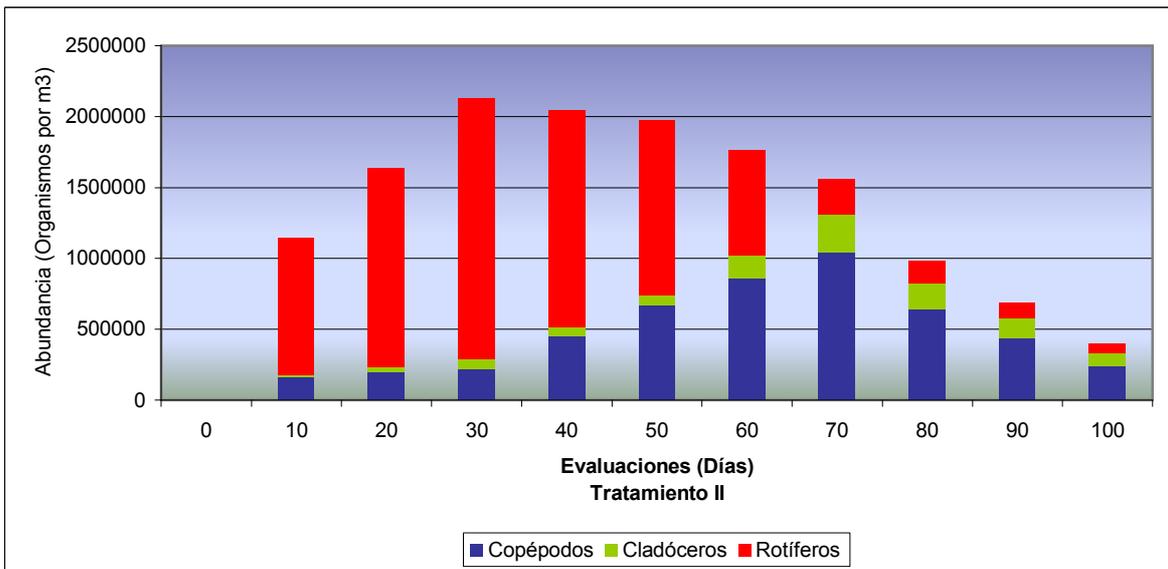
5.5 Abundancia de Organismos Tratamiento testigo



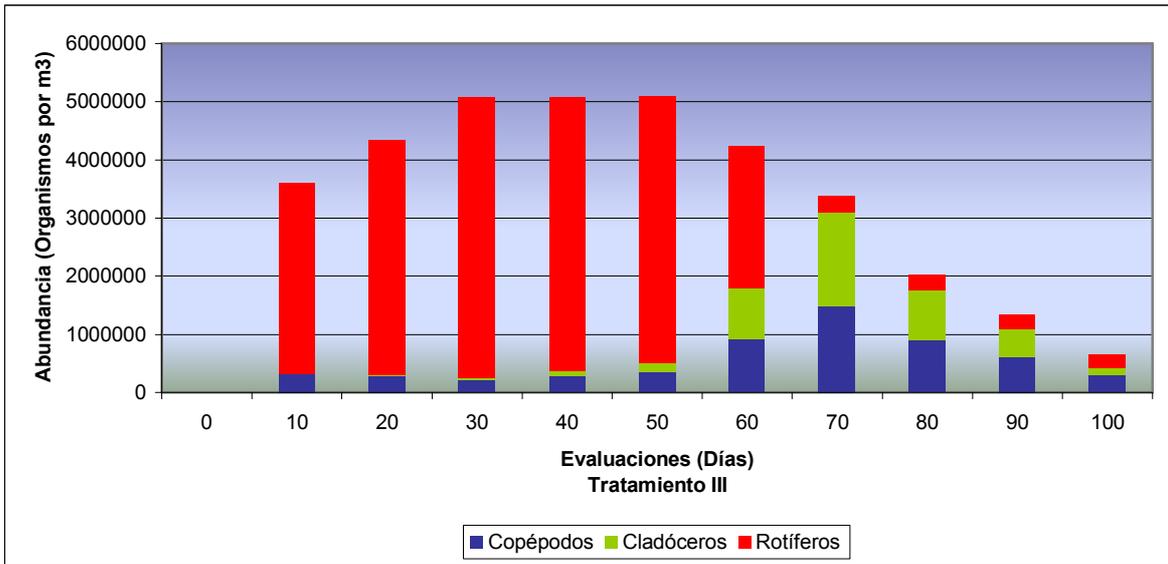
Anexo 6. Abundancia de organismos por familia y tratamiento durante el ensayo



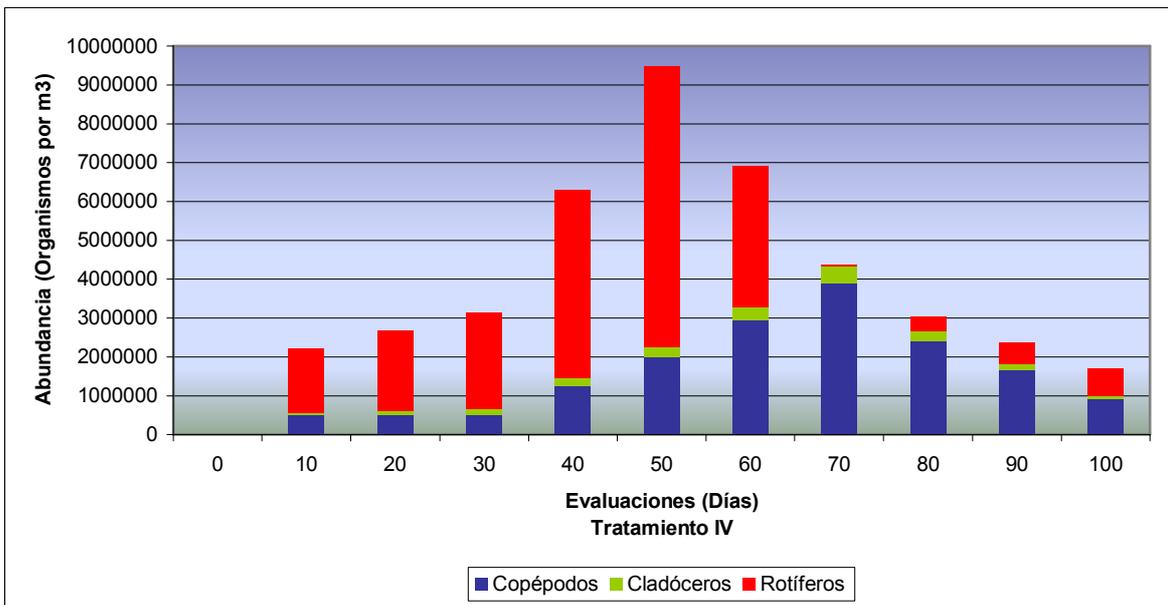
6.1 Abundancia de Organismos Tratamiento I



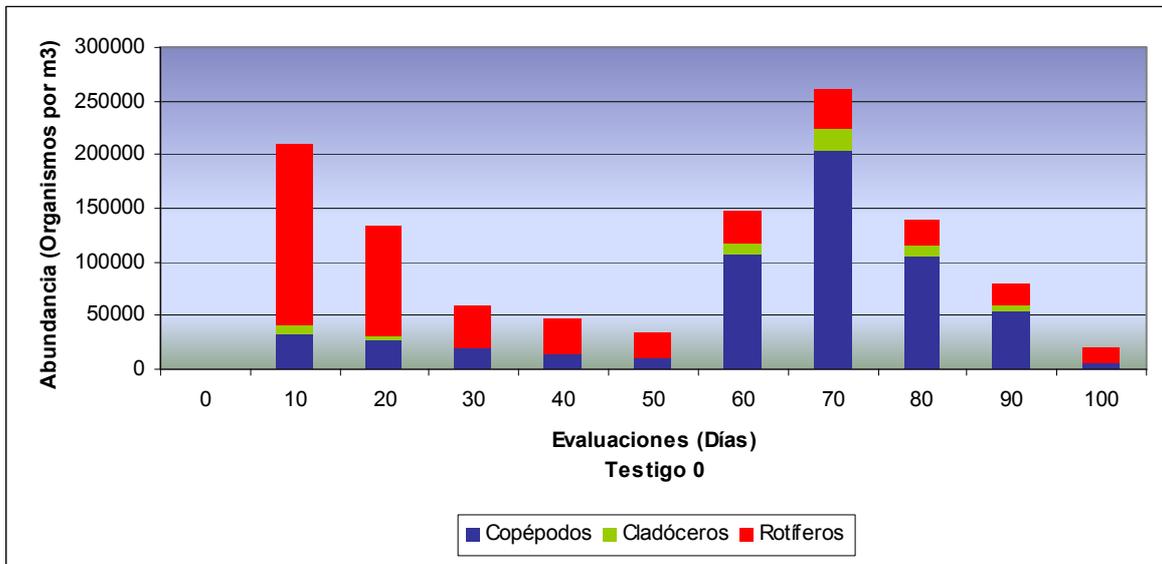
6.2 Abundancia de Organismos Tratamiento II



6.3 Abundancia de Organismos Tratamiento III



6.4 Abundancia de Organismos Tratamiento IV



6.5 Abundancia de Organismos Tratamiento testigo

Anexo 7. Costos de Producción de Zooplancton

Detalle de Costos de producción de Zooplancton

Tratamiento	estiércol (kg) *	Replicas	Total de estiércol por tratam	Precio Unitario	Costo Estiércol	Cosecha (jornales)	Precio Jornal(Bs)	Total por tareas	Costo Material y Limpieza y uso	Costo Total
Testigo (T0)		3	0		0	0	0	0	311,294118	311,3
T1 (Ovino en Dosis de 50 kg/100m2)	9,34	3	28,02	0,7	19,614	2,5	40	100	311,294118	439,3
TII(Ovino en Dosis de 100 kg/100m2)	18,79	3	56,37	0,7	39,459	2,5	40	100	311,294118	467,7
TIII(Alpaca en Dosis de 50 kg/100m2)	9,52	3	28,56	0,8	22,848	2,5	40	100	311,294118	439,9
TIV(Alpaca en Dosis de 100 kg/100m2)	19,04	3	57,12	0,8	45,696	2,5	40	100	311,294118	468,4

(*):el estiércol en base a humedad de pg 40

Otros	Unidad	Cantidad	Precio (Bs)	Sub Total
Limpieza	Jornal	4	20	80
Tablas	Pie	60	5	300
Uso de estanque (depreciación en 4 meses de los 15 estanques)	Mes	4	294,117647	1176,5
				1556,5 Total
				311,3 Total/5 tratamientos

* Costo Estanque Bs 5000
 * Vida útil Años 15
 * Total de estanques 15

Tratamiento	Costo To	Costo Total (Bs/m2)
Testigo (T0)	311,3	6,37
T1 (Ovino en Dosis de 50 kg/100m2)	439,3	8,98
TII(Ovino en Dosis de 100 kg/100m2)	467,7	9,56
TIII(Alpaca en Dosis de 50 kg/100m2)	439,9	8,99
TIV(Alpaca en Dosis de 100 kg/100m2)	468,4	9,58

Costo por m2 (Dividir el total entre area y numero de replicas)

Tratamiento	Costo Total (Bs/m2)
Testigo (T0)	6,37
T1 (Ovino en Dosis de 50 kg/100m2)	8,98
TII(Ovino en Dosis de 100 kg/100m2)	9,56
TIII(Alpaca en Dosis de 50 kg/100m2)	8,99
TIV(Alpaca en Dosis de 100 kg/100m2)	9,58