

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Crecimiento poblacional de *Daphnia magna* “pulga de agua” en cultivo experimental alimentado con *Saccharomyces cerevisiae* “levadura” y jugo de *Spinacia oleracea* “espinaca”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES

Presentado por la:

Bach. HUAMÁN TENORIO, Viviana

AYACUCHO – PERÚ

2017

A mis padres Timoteo y Domitila, pilares fundamentales en mi vida; su tenacidad y lucha incansable han hecho de ellos mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi alma mater, por abrirme las puertas para formar parte de su familia científica. Asimismo, agradecer a todos los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Biología, ya que ellos brindaron sus conocimientos para mi formación profesional y personal.

Al Maestro Elmer Ávalos Pérez que, como asesor, me ha orientado, apoyado y corregido no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigadora con un interés y una entrega que han sobrepasado con mucho, todas las expectativas que deposité en su persona. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

A mis padres, porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida, brindándome su amor y apoyo incondicional, gracias a ellos, que son mi ejemplo en la vida.

A mis amigos, por sus exigencias, amor y apoyo para culminar esta meta.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	6
2.3. Bases teóricas	6
2.3.1. Zooplancton de agua dulce	6
2.3.2. Los cladóceros y su importancia	8
2.3.3. La importancia del alimento vivo en la acuicultura	9
2.3.4. Cultivo de alimento vivo	12
2.3.5. El género Daphnia y sus características	13
2.3.6. Daphnia magna Straus	13
2.3.7. Levadura: Saccharomyces cerevisiae, Hansen	18
2.3.8. Espinaca: Spinacia oleracea	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Lugar de ejecución	23
3.1.1. Ubicación política	23
3.2. Muestra	23
3.3. Metodología y recolección de datos	23
3.3.1. Obtención e identificación de Daphnia magna	23
3.3.2. Obtención de cepas de Daphnia magna	23
3.3.3. Diseño experimental	24
3.3.4. Condiciones de crecimiento	25
3.3.5. Limpieza y mantenimiento de las unidades experimentales	25
3.3.6. Evaluación del efecto de la alimentación	25
3.4. Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS	27

V.	DISCUSIÓN	35
VI.	CONCLUSIONES	41
VII.	RECOMENDACIONES	43
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Composición bioquímica y mineral proximal de varias especies de zooplancton, según el tipo de alimento, usadas en acuicultura.	8
Tabla 2.	Grupos y especies de alimento vivo de mayor uso en acuicultura	10
Tabla 3.	Composición química proximal promedio de varios organismos zooplanctónicos cultivados y utilizados en la alimentación de organismos acuícolas	11
Tabla 4	Composición química de materia fresca y materia seca de <i>Daphnia magna</i> .	18
Tabla 5.	Composición de aminoácidos en materia fresca y materia seca de <i>Daphnia magna</i> .	18
Tabla 6.	Análisis proximal de la composición química de la levadura, del extracto y de la pared celular de la levadura	21
Tabla 7.	Perfil de aminoácidos esenciales de la levadura y el extracto de levadura.	21
Tabla 8.	Composición nutricional de la espinaca	22
Tabla 9.	Valores promedio ($\pm$ D.S.) del número de organismos de <i>Daphnia magna</i> por dieta experimental y día de muestreo	28
Tabla 10.	Estadísticos descriptivos para el número de cladóceros al finalizar el experimento, según tratamiento	32
Tabla 11.	Valores de la tasa de crecimiento para cada periodo evaluado según tratamiento y valores promedio ($\pm$ D.S.) de la tasa de crecimiento de <i>Daphnia magna</i> en cultivo.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general de las interacciones biológicas que implican al zooplancton.	9
Figura 2. Relación del alimento natural y artificial en la nutrición de peces y camarones en sistemas de cultivo extensivo, semi intensivo e intensivos.	12
Figura 3. Anatomía del genero <i>Daphnia</i> .	13
Figura 4. Anatomía de <i>Daphnia magna</i> hembra y macho.	14
Figura 5. Diagrama del ciclo reproductivo de <i>Daphnia magna</i> .	17
Figura 6. Diagrama de ciclo biológico de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	20
Figura 7. Curva de tendencia promedio del crecimiento poblacional de <i>Daphnia magna</i> alimentadas con levadura.	29
Figura 8. Curva de tendencia promedio del crecimiento poblacional de <i>Daphnia magna</i> alimentadas con espinaca.	30
Figura 9. Curva de tendencia promedio del crecimiento poblacional de <i>Daphnia magna</i> alimentadas con dieta mixta.	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Fotografías de los materiales utilizados en el experimento	52
Anexo 2. Fotografías de los equipos utilizados en el experimento	53
Anexo 3. Unidades experimentales	54
Anexo 4. Fotografías de frascos de vidrio conteniendo organismos de <i>Daphnia magna</i> al finalizar el experimento	55
Anexo 5. Clave taxonómica para cladóceros de Pennak	56
Anexo 6. Fotografías de la tesista realizando el conteo de cladóceros y traspasando los mismos a un frasco limpio.	57
Anexo 7. Resultados del análisis de varianza de los tratamientos (dietas)	58
Anexo 8. Resultados de la prueba de Tukey para la comparación de diferencia entre las medias de los distintos tratamientos.	59
Anexo 9. Matriz de consistencia	60

RESUMEN

El crecimiento poblacional de *Daphnia magna* depende de varios factores, siendo una de ellas el tipo de dieta. Con el fin de evaluar el efecto de los distintos tipos de dietas en el crecimiento poblacional y la tasa instantánea de crecimiento poblacional de *Daphnia magna*, se realizó un trabajo experimental en el laboratorio de Ecología y Control Ambiental de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Se utilizaron 12 frascos de vidrio de boca ancha de 1,5L de volumen; cada frasco fue llenada con agua declorada a un volumen de 1L, en cada uno se sembró 10 organismos de *Daphnia magna* con dos días de nacido. Las unidades experimentales presentaron una aireación constante y condiciones controladas de temperatura del agua (20 °C - 22 °C) y pH 7. Se utilizaron tres tratamientos (dietas): T1) 1mL de *Saccharomyces cerevisiae* activa a una concentración de 0,002 g/mL; T2) 1 mL de extracto de hojas de espinaca y T3) dieta mixta de levadura más jugo de espinaca en proporciones iguales. Para cada tratamiento se realizaron cuatro réplicas. Los cladóceros fueron alimentados diariamente, durante 20 días, evaluándose el número de organismos cada cuatro días. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.03$) entre las dietas; posteriormente se realizó la prueba de Tukey demostrando que el efecto en el crecimiento y tasa de crecimiento poblacional con el T2 y T3 no son diferentes estadísticamente y que ambos tratamientos si son diferentes estadísticamente con el T1. Tanto para el crecimiento poblacional como para la tasa de crecimiento poblacional los resultados fueron con el T1, de 227 organismos y 0,15 respectivamente; con el T2, de 2 514 organismos y 0,27 respectivamente; finalmente el T3, de 1 931 organismos y 0,26 respectivamente. Se logró determinar que el uso del jugo de espinaca, en la dieta de *Daphnia magna*, genera buen número de organismos, constituyendo una buena alternativa de alimento vivo para la acuicultura.

Palabras claves: Crecimiento poblacional, *Daphnia magna*, cultivo experimental, *Saccharomyces cerevisiae* y *Spinacia oleracea*.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la actividad acuícola se está convirtiendo en una fuente de desarrollo, es así que se observa un crecimiento con una tasa de 20% anual; estas tendencias en desarrollo y crecimiento se estarían enfocando a la piscicultura marina, el crecimiento de la acuicultura amazónica, el fortalecimiento de los cultivos de trucha arco iris en la sierra peruana, el mejoramiento de los sistemas de sanidad y la inserción del enfoque ecosistémico en la acuicultura.¹

Para que una producción de peces, en la acuicultura, sea exitosa, dependen, en la mayoría de los casos, de la disponibilidad de organismos zooplanctónicos para alimentar larvas y post-larvas.² Dentro de los organismos del zooplancton, existen muchos que son utilizados con fines alimenticios para los peces, tal como son rotíferos, cladóceros, anostraco y copépodos; que por su fácil desarrollo, alta tasa de reproducción y fácil manejo, son los más idóneos para su uso.³ La utilización de estos alimentos vivos, son muy importantes, ya que presenta algunas cualidades que no tiene un alimento inerte, como son el movimiento el cual estimula al depredador, el color que es atractivo para su captura y la calidad nutritiva; por otro lado el uso del alimento vivo no afecta la calidad del agua, ya que no se deposita y descompone en el fondo de estanques como lo hacen algunos alimentos inertes que en algunos casos causa mortalidad.⁴

Dentro de los cladóceros se han seleccionado principalmente los géneros *Daphnia* y *Moina* por ser de gran importancia en la piscicultura.² Estos organismos son muy estudiados en cuanto a sus condiciones óptimas de cultivo, debido a que presentan un alto valor nutritivo e importantes enzimas (proteinasas, peptidasas, amilasas, lipasas y celulasas) que sirven como exoenzimas en el intestino de las postlarvas;⁵ algunas especies de cladóceros pueden presentar aminoácidos favorables para los requerimientos nutricionales

de larvas y alevinos de peces.^{3,5} Sin embargo el uso de estos organismos es limitado debido a la carencia de tecnologías de manejo los cuales no permiten obtener poblaciones de tal magnitud que puedan suplir los requerimientos básicos de las diferentes especies de peces.⁶

El valor nutricional y perfil bromatológico de los cladóceros son determinados por la edad y fuente de alimentación. Es así, que los cladóceros presentan respuestas diferentes frente a diversas dietas, ya que éstos inciden directamente en su crecimiento y reproducción.⁶ Teniendo en cuenta las importancias de los cladóceros en la acuicultura y la poca información de los mismos en nuestro país, se realizó este trabajo para contribuir en la búsqueda de dietas adecuadas para lograr un mejor resultado en su producción; de esta manera se planteó los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general:

Evaluar el efecto de la alimentación con *Saccharomyces cerevisiae* “levadura” y jugo de *Spinacia oleracea* “espinaca” en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de *Daphnia magna* “pulga de agua”, en bioensayos.

1.2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la alimentación con *Saccharomyces cerevisiae* “levadura” en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de *Daphnia magna* “pulga de agua”.
- Determinar el efecto de la alimentación con jugo de *Spinacia oleracea* “espinaca” en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de *Daphnia magna* “pulga de agua”.
- Determinar el efecto de la alimentación que consiste en mezcla de *Saccharomyces cerevisiae* “levadura” más jugo de *Spinacia oleracea* “espinaca”, en proporción 50:50, en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de *Daphnia magna* “pulga de agua”.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Prieto *et al.*², en su investigación “Cultivo experimental del cladócero *Moina sp* alimentado con *Ankistrodesmus sp* y *Saccharomyces cerevisiae*”, bajo condiciones controladas de temperatura a 22 °C, 7,6 de pH, intensidad lumínica de 2000 lux y aireación constante; empleando dos dietas de alimento (*Ankistrodesmus sp* y *Ankistrodesmus sp* más *Saccharomyces cerevisiae*) con $40 \cdot 10^5$ cel.mL⁻¹ de concentración cada uno, determinaron que la actividad reproductiva de *Moina sp*, genera poblaciones partenogenéticas, presentado cuatro fases en su crecimiento: fase de latencia con limitada capacidad reproductiva, fase de aceleración con un período de reproducción de 3-5 días, fase de crecimiento exponencial alcanzando la máxima densidad en cultivo con promedio de $6,22 \pm 0,82$ clad.mL⁻¹ para el tratamiento con dieta *Ankistrodesmus sp* y $12,3 \pm 0,30$ clad.mL⁻¹ para el tratamiento con dieta *Ankistrodesmus sp* más *Saccharomyces cerevisiae* y finalmente la fase de descenso. De acuerdo a sus observaciones la combinación *Ankistrodesmus sp* más *Saccharomyces cerevisiae* en proporción 1:1 es una adecuada alternativa alimenticia para el cladócero *Moina sp* en condiciones de laboratorio, obteniendo una tasa de crecimiento de 0.36 ± 0.002 ; asimismo, en los cultivos alimentados con esta combinación observaron gran cantidad de hembras con cámara incubatríz abultada, indicando mayor número de huevos por hembra y por consecuencia mayor número de neonatos. También infieren que el tipo y cantidad de alimento, así como la renovación periódica de agua (50% cada 3 días) y la densidad de siembra empleada ($2-5$ org.mL⁻¹) son adecuados para el mantenimiento de la cepa.

Rodríguez *et al.*⁷, al investigar el efecto de la temperatura y tipo de alimento en el cultivo de *Moina micrura*; empleando como alimento las microalgas *Ankistrodesmus falcatus* y *Scenedesmus incrassatulus*, en una concentración de

300 000 cél·mL⁻¹ y manteniendo la temperatura en un rango entre 20 °C y 25 °C; determinaron que este último factor presenta diferencias significativas en cuanto a longevidad, siendo así de 12 días para el tratamiento con 25 °C y 18 días para el tratamiento con 20 °C. Asimismo, determinaron, que la tasa de crecimiento poblacional fue mayor a una alta temperatura (25 °C), obteniendo 0,75 y que además el alimento produjo respuestas estadísticamente significativas en el número de neonatos por camada.

Alcántara *et al.*⁸, en su estudio “Comparación de la densidad poblacional de *Daphnia pulex* Müller, 1785 en cultivos de laboratorio alimentadas con tres microalgas verdes unicelulares (*Sphaerocystis* sp., *Chlorella vulgaris* y *Haematococcus pluvialis*)”, cultivaron *Daphnia pulex* en recipientes de plástico de capacidad de 20 L (tres repeticiones por cada dieta), controlando la temperatura ambiental a 25 °C ± 2 °C, un pH del medio de cultivo entre 7-8, luz y aireación continua. A cada unidad experimental, le suministraron 600 mL de dieta que consistían en: 1) *Chlorella vulgaris*; 2) *Haematococcus pluvialis*; 3) *Sphaerocystis* sp. y 4) combinada (las tres microalgas en partes iguales de 200 mL). Además de alimentar a los cultivos con microalgas, cada tercer día suministraron 2 mL de levadura activa seca (a una concentración de 25 g.L⁻¹) como complemento alimenticio. Los cultivos comenzaron con una densidad inicial de 200 org.L⁻¹ y tuvieron una duración de cultivo de 30 días. Los resultados de densidad poblacional máxima fueron con la dieta *Haematococcus pluvialis* (1 933 ± 60 org.L⁻¹), y mínima con *Chlorella vulgaris* (976 ± 89 org.L⁻¹). Asimismo, observaron que los organismos alimentados con la dieta combinada presentaron una producción más constante a lo largo de los días de cultivo, a pesar de que fueron las dietas con menores valores.

Rojas *et al.*⁹, al estudiar el efecto del jugo de hojas de rábano y de espinaca, sobre un patrón de fermento de salvado de trigo en la producción de *Daphnia pulex*; utilizando botellas de vidrio llenadas con agua del grifo declarada a un volumen de 14 L y con una densidad de siembra de 14,3 org.L⁻¹, cuya duración fue de 21 días, durante el cual, a los organismos del recipiente testigo, lo alimentaron con fermento de salvado de trigo, mientras que a los organismos de los recipientes en experimento lo alimentaron con la combinación de fermento y jugo de hojas de rábano, para el primer caso y en el segundo caso el fermento y el jugo de espinaca; obtuvieron 123 org.L⁻¹ en las testigo, 571 org.L⁻¹ en las de rábano, y 637 org.L⁻¹ en las de espinaca, establecieron que la combinación del

fermento enriquecido con el jugo de espinaca es la mejor alternativa alimenticia para *Daphnia pulex* en condiciones de laboratorio.

Investigadores, al estudiar el “Crecimiento poblacional de *Daphnia magna* Strauss bajo condiciones de cultivo”, con el fin de determinar el tiempo en que *Daphnia magna* alcanza la máxima producción, cultivaron en tres matraces de 2 L, un organismo de *Daphnia magna* de un día de nacido, las cuales fueron alimentadas con cultivos puros de *Kirchneriella obesa* a una densidad de 1 000 000 cél.mL⁻¹, diariamente. Este estudio tuvo una duración de 28 días, en las cuales se obtuvo la máxima producción de organismos en el día 24. Los resultados que obtuvieron, por matraz, fueron de 2 941, 3 700 y 2 345 organismos.¹⁰ Asimismo, al investigar el crecimiento de *Daphnia magna* Strauss alimentada con *Kirchneriella obesa* y con levadura de pan, con el objetivo de conocer la tasa de crecimiento en cuanto a largo y ancho de *Daphnia magna*; obtuvieron resultados favorables para los cladóceros alimentados con *Kirchneriella obesa* que con levadura de pan.¹¹

Ocampo *et al*⁶., investigaron el crecimiento de *Daphnia magna* alimentándolos con *Saccharomyces cerevisiae* (levadura) a diferentes concentraciones. Para la siembra de los organismos, utilizaron 16 frascos (4 tratamientos con 4 repeticiones) de capacidad 600 mL; en cada frasco inocularon 15 organismos. El experimento duró 15 días y la alimentación fue cada 3 días. Enriquecieron el medio de cultivo con harina de avena y soya, como fuente de ácidos grasos insaturados, manteniendo controladas la temperatura del ambiente en un rango de 21 °C - 25 °C, temperatura del agua (22 °C - 23 °C) y pH (7,6). Las concentraciones del medio de cultivo fueron: a) 25 ppm de levadura y 25 ppm de la fuente de ácidos grasos; b) 2, 25 ppm de levadura y 12,5 ppm de la fuente de ácidos grasos; c) 12,5 ppm de levadura y 25 ppm de la fuente de ácidos grasos y d) 12,5 ppm de levadura y 12,5 ppm de la fuente de ácidos grasos. Los resultados que reportan, muestran que los organismos alimentados con levadura a concentraciones de 25 ppm de levadura y 25 ppm de la fuente de ácidos grasos obtuvieron un mayor promedio de organismos y una mayor tasa de crecimiento, presentando valores de $826 \pm 9,57 \text{ org.L}^{-1}$ y 0.258 ± 0.001 respectivamente. Oliveira *et al.*¹², evaluaron el crecimiento poblacional de *Daphnia magna* alimentadas con diferentes dietas. Utilizaron 12 frascos de plástico (3 tratamientos con 4 repeticiones) con un volumen de agua potable declarada de 4 L; en cada frasco inocularon 10 organismos de *Daphnia magna*.

La alimentación constó de tres tratamientos: T1) 1g de biomasa seca de *Scenedesmus subspicatus*, T2) 0,5g de biomasa seca de *Scenedesmus subspicatus* más 0,5 mL de alimento para peces fermentado y T3) 1 mL de alimento para peces fermentado. El experimento tuvo una duración de 21 días, obteniéndose una mayor población con el T2 (dieta mixta) con un promedio de 2080 org.4L⁻¹ y una población mínima con el T3 (alimento para peces fermentado) con un promedio de 719 org.4L⁻¹

2.2. Marco conceptual

Alimento vivo: Se les considera a los organismos acuáticos o terrestres, tanto de origen animal como vegetal, que reúnen diversas características haciéndolas adecuadas para su uso en diferentes actividades productivas.¹³

Crecimiento poblacional: En ecología de poblaciones significa cambio en el número de individuos más no en el tamaño o peso corporal de ellos. Este es el resultado de la reproducción.¹⁴

Dieta: Es el conjunto de sustancias alimenticias que componen el comportamiento nutricional de los seres vivos.¹⁵

Partenogénesis: Es un tipo de reproducción asexual en la cual el óvulo tiene la capacidad de desarrollarse sin que haya sido fecundado. En algunas especies es el único modo de reproducción y en otras se alterna con la forma sexual.¹⁶

Plancton: Es el conjunto de organismos de pequeño tamaño (típicamente menores a 3 cm) que tienen como característica principal habitar la columna de agua con limitada capacidad de contrarrestar las corrientes de agua. El término “plancton” proviene del griego que significa errante el cual fue acuñado en 1887 por el alemán Víctor Hensen para describir a los organismos que derivan con las corrientes marinas y dulceacuícolas.¹⁷

Tasa instantánea de crecimiento (r): Es la tasa de crecimiento en cualquier momento y determina el aumento de la población en un periodo determinado.¹⁴

Valor nutricional: Es el potencial nutritivo o la cantidad de nutrientes que el alimento aporta al organismo. Asimismo, el valor nutricional depende de diversos factores tales como la aportación energética, la proporción de los macro y micronutrientes que contienen carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, agua, capacidad de asimilación de dichos nutrientes, etc.¹⁸

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Zooplancton de agua dulce

El zooplancton es el conjunto de organismos microscópicos que viven suspendidos en la columna de agua, a cuyos movimientos están sujetos debido

a su limitada capacidad de locomoción. Los organismos zooplanctónicos de agua dulce son conocidos como zooplancton epicontinental, que de manera general incluyen a tres grupos: los cladóceros, copépodos y rotíferos; sin embargo, cabe mencionar que existen muchos más que forman parte de esta comunidad, como los protozoos y otros taxones de crustáceos como los ostrácodos y algunos anfípodos.¹⁹

2.3.1.1. Valor nutritivo

La composición bioquímica del zooplancton es importante para los peces, siendo considerado el alimento que contiene la mayoría de las sustancias nutritivas (Tabla 1) y que sirve como base para las dietas experimentales.²⁰

Principalmente, el valor nutritivo se basa en el contenido de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, entre otros elementos que favorecen el crecimiento y la sobrevivencia de las postlarvas.^{5,20,21} Asimismo presenta varias enzimas proteolíticas con importante función en el tracto digestivo de las larvas de peces.²²

2.3.1.2. Papel ecológico

El zooplancton forma parte de la alimentación de peces y macroinvertebrados acuáticos; es por eso que los lagos o represas que presentan altas densidades de peces que se alimentan de ellos, tienen la característica de presentar cantidades bajas de *Daphnia*. Asimismo, sucede lo contrario, cuando los peces que abundan no son zooplanctófagos, la población de *Daphnia* es elevada. Otra importancia que se debe resaltar es que, debido a que los organismos zooplanctónicos son filtradores, consumen fitoplancton, por lo que el aumento o disminución de biomasa en un lago o estanque, así como las consecuencias de alteración del oxígeno, nutrientes y pH están en relación directa con dichos fenómenos de depredación. Además, el zooplancton puede llegar a modificar la estructura fitoplanctónica de un embalse ya que estos organismos filtran especies que le sean más fáciles de ingerir por su tamaño y forma.²³ Por consiguiente puede usarse en técnicas de biomanipulación para recuperar ambientes eutrofizados ya que estas controlan el crecimiento de algas.²⁴

Los organismos zooplanctónicos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas pelágicas ya que representan el eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, transfiriendo materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, los cuales no son recursos utilizables por otros organismos planctónicos. Es así, que por todo lo mencionado líneas

arriba, en las últimas décadas los ecólogos del plancton han mostrado un interés en el estudio de las interacciones bióticas (Figura 1), la competencia por recursos comunes y la depredación por invertebrados, manifestando su importancia en la regulación de las comunidades acuáticas.²⁴

Tabla 1. Composición bioquímica y mineral proximal de varias especies de zooplancton, según el tipo de alimento, usadas en acuicultura.

ESPECIES	<i>Brachionus plicatilis</i>			<i>Tigriopus japonicus</i>	<i>Acartia sp</i>	<i>Daphnia sp</i>	<i>Moina sp</i>
MEDIO DE CULTIVO	Levadura	Levadura + Chlorella	Chlorella	Levadura + Chlorella	-	-	Levadura
Humedad (%)	89.6	89.1	87.6	87.3	88.1	89.3	87.2
Proteínas (%)	7.2	7.9	7.8	9	8.5	7.5	8.8
Lípidos (%)	2.3	2.3	3.8	2.8	1.3	1.4	2.9
Ceniza (%)	0.4	0.4	0.5	0.5	2.1	0.7	—
Ca mg/g	0.12	0.26	0.21	0.15	0.39	0.21	0.12
Mg mg/g	0.14	0.17	0.14	0.23	0.76	0.12	0.12
P mg/g	1.48	1.44	1.37	1.31	1.48	1.46	1.86
Na mg/g	0.41	0.3	0.29	0.61	6.63	0.74	1.09
K mg/g	0.35	0.12	0.23	0.84	2.21	0.72	0.92
Fe g/g	15.9	52.5	43.3	33.8	11.5	72.2	46.6
Zn g/g	7.4	9.8	8.2	12.3	39	12.8	10
Mn g/m	0.4	1.1	1.1	1	0.2	13.2	0.5
Cu g/g	1.1	1.5	1.7	2.4	2.8	1.1	5.8

Fuente: Watanabe *et al* (1983), mencionado en Laven y Sorgeloos (1996)

2.3.2. Los cladóceros y su importancia

Los cladóceros son organismos zooplanctónicos, conocidos como “pulgas de agua”, principalmente de agua dulce con una importancia en la red trófica de las aguas estancadas, presentando tamaños que varían desde 0.2 a 6 mm²⁵; dentro de esta clase de organismos existen dos géneros de gran importancia en acuicultura, que son *Daphnia* y *Moina*.² Actualmente están distribuidos en todos los sistemas continentales, desde latitudes tropicales hasta las regiones boreales.²⁶ Estos organismos se caracterizan por presentar mayor tamaño por lo cual son preferidos por los depredadores, más que los copépodos; es por eso que la presencia de estos microcrustáceos puede llegar a ser indicadora del tipo de peces que puedan estar presentes²³; además gracias a su capacidad filtradora controlan el desarrollo del fitoplancton, mejorando la calidad de agua y estabilizando el estado de aguas claras.²⁴

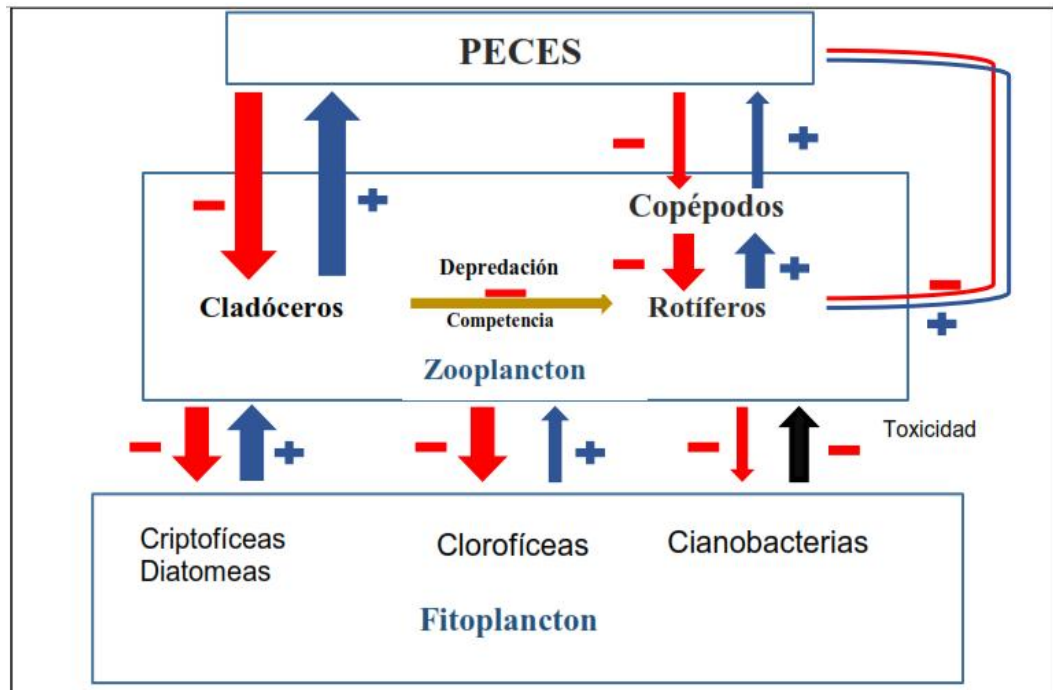


Figura 1. Esquema general de las interacciones biológicas que implican al zooplancton. (Las flechas con mayor grosor implican mayor efecto) ²⁴

Asimismo, los cladóceros, pueden ser consumidos por otros organismos a parte de los peces, tal es el caso de rotíferos, copépodos, arácnidos, odonatos, entre otros. Se tiene así, que algunos rotíferos como *Asplanchna* depredan cladóceros del género *Bosmina*; los copépodos adultos depredan pequeños cladóceros, los arácnidos acuáticos como *Piona limnetica* atacan cladóceros del género *Diaphanosoma* y *Bosmina*.²³

2.3.3. La importancia del alimento vivo en la acuicultura

Uno de los principales compromisos de la acuicultura en los últimos tiempos, es el de convertirse en una actividad sustentable, lo que equivale a ser: económicamente rentable, ecológicamente amigable y socialmente responsable.²⁷ La utilización de grandes cantidades de alimentos formulados que presentan, muchas veces contenidos proteicos superiores a los necesarios^{28,29}, baja digestibilidad, palatabilidad y estabilidad en el agua, así como el uso frecuente de estrategias de alimentación inadecuadas, hace que los efluentes acuícolas tengan características indeseables.³⁰ Observando estas problemáticas se han desarrollado varias estrategias a nivel experimental, tales como: hacer uso de aditivos para que, los organismos cultivados, aumenten su palatabilidad y consumo³¹; asimismo utilizar ingredientes alternativos a la harina de pescado,³² procesos para aumentar la estabilidad de los alimentos en el

agua³⁰, co cultivos, policultivos o sistemas integrados en donde se involucren dos o más organismos para un mejor aprovechamiento del alimento formulado^{31,33}, entre otros.

En la acuicultura, el alimento vivo es el grupo de organismos que componen el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual constituye la unidad básica de producción del material orgánico en los ecosistemas acuáticos³⁴; entre el zooplancton se destacan organismos tales como los cladóceros, copépodos, anostraco y los rotíferos; entre el fitoplancton se destacan variados grupos de microalgas, principalmente diatomeas y clorofitas.³⁵ (Tabla 2).

Tabla 2. Grupos y especies de alimento vivo de mayor uso en acuicultura.

GRUPO	ESPECIE	ORGANISMOS ALIMENTADOS
BACYLLAROPHYCEAE	<i>Skeletonema costatum</i>	Camarones, crustáceos, moluscos, artemia
	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	
	<i>Chaetoceros sp</i>	
	<i>Phaeodactylum sp</i>	
CHLOROPHYCEAE	<i>Chlorella autotrophica</i>	Moluscos, artemia, cladóceros, rotíferos
	<i>Scenedesmus sp</i>	
	<i>Chlorella sp</i>	
	<i>Chlamydomonas sp</i>	
	<i>Nannochloris sp</i>	
ROTÍFERA	<i>Brachionus plicatilis</i>	Peces y crustáceos
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	
	<i>Brachionus urceolaris</i>	
	<i>Brachionus rubens</i>	
	<i>Brachionus falcatus</i>	
COPÉPODA	<i>Tigriopus japonicus</i>	Peces y crustáceos
	<i>Oithona sp</i>	
	<i>Acartia sp</i>	
	<i>Centropages sp</i>	
	<i>Tisbe sp</i>	
BRANCHIOPODA	<i>Artemia sp</i>	Peces y crustáceos
CLADÓCERA	<i>Daphnia sp</i>	Peces y crustáceos
	<i>Moina sp</i>	

Fuente: Prieto (2006).³

El alimento vivo es esencial durante el desarrollo larvario de peces, crustáceos y moluscos convirtiéndose así en factor importante para el desarrollo de la actividad acuícola.³ El alimento vivo puede llegar a desarrollarse en sistemas acuáticos en el que se lleve a cabo el cultivo de algún organismo. Sin embargo, uno de los problemas es que en los sistemas de cultivo más intensificados el

uso de estos alimentos vivos es poco promovido y como consecuencia su contribución a la nutrición de los organismos cultivados es muy poca.³⁵ Desde años anteriores se realizaron estudios de la importancia de los alimentos naturales, tal es el así que hay resultados positivos de la biota generada en estanques camaronícolas, aportando hasta el 77 % de los requerimientos nutricionales del camarón,³⁶ asimismo otros investigadores reportan que en cultivo de *Litopenaeus vannamei* con agua no filtrada de estanques alimentados con una dieta artificial, crecieron 89% mejor que aquellos camarones alimentados con la misma dieta, pero cultivados en agua clara.³⁷

La importancia del alimento vivo en la cría de ciertas especies piscícolas en cautiverio, puede radicar en que estos organismos presenten características como: tamaño adecuado, movimiento y coloración, alta disponibilidad y abundancia, cuerpo blando, capacidad de vivir en altas densidades de cultivo, ciclo de vida corto (lo que asegura la constante disponibilidad de organismos), apariencia variable y alto valor nutritivo (tabla 3).^{3,38,39}

Tabla 3. Composición química proximal promedio de varios organismos zooplanctónicos cultivados y utilizados en la alimentación de organismos acuícolas

ORGANISMO	PC (%)	EE (%)	FC (%)	ELN (%)
ROTÍFEROS				
<i>Brachionus plicatilis</i> (<i>Chlorella</i> marina)	60,3	3,9	-	0,7
COPÉPODOS				
<i>Tigriopus japonicus</i>	71,1	2,6	-	-
<i>Acartia clausi</i>	70,9	1,3	-	-
CLADÓCEROS				
<i>Moina</i> sp. (levadura)	68,8	2,9	-	-
<i>Daphnia pulex</i>	50	1	0,4	-

Fuente: Datos obtenidos de Watanabe *et al.* (1983) y Riccardi y Mangoni (1999), mencionado en Martínez *et al.*³⁵ Proteína cruda (PC) en base seca, lípidos o extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extractos libres de nitrógeno (ELN).

La etapa juvenil se considera esencial en la vida de los peces es por ello que se tiene que seguir muy de cerca el desarrollo del alimento vivo, el cual constituye el eslabón esencial en la cadena alimentaria. Asimismo, la calidad y cantidad de los juveniles de peces, crustáceos y moluscos son atribuidas a la ingestión de estos organismos.³⁹

Sin embargo el papel crucial representado por los organismos que constituyen el alimento vivo natural, en la nutrición de peces y camarones mantenidos bajo sistemas de cultivo extensivo y semi intensivo en estanques, contrasta marcadamente con los sistemas de explotación intensivo, donde la densidad de

siembra es tal, que el alimento natural representa un papel mínimo, en la nutrición de las especies cultivadas. Está claro que la nutrición y alimentación de peces y crustáceos dentro de cada sistema de cultivo deben ser consideradas como una condición particular atendiendo a las peculiaridades que la caractericen y deberá ser evaluada.⁴⁰ (Figura 2).

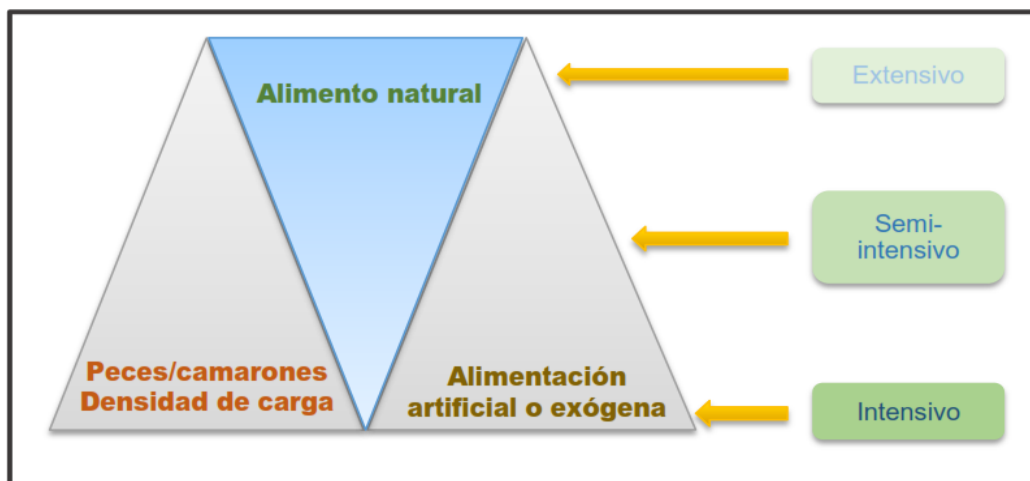


Figura 2. Relación del alimento natural y artificial en la nutrición de peces y camarones en sistemas de cultivo extensivo, semi intensivo e intensivos.⁴⁰

2.3.4. Cultivo de alimento vivo

Para el cultivo de especies que son usadas en la acuicultura se tiene que tener en cuenta la calidad del alimento, es por ello que se necesita determinar la concentración adecuada de nutrientes que los organismos del plancton requieren, para de esta manera estandarizar una tasa de cosecha optima del cultivo que se realiza a intervalos periódicos con la finalidad de lograr una alta producción y el sostenimiento de la misma a largo plazo. La composición bioquímica del fitoplancton y zooplancton usados en la acuicultura es importante, siendo considerado el alimento que contiene la mayoría de las sustancias nutritivas y que sirve como base para las dietas experimentales.³ Es por ello necesario conocer la importancia y manejo de las diferentes técnicas de cultivo del alimento vivo,⁴¹ así como las propiedades físicas y químicas de la dieta a suministrar ya que son estas propiedades, que conjuntamente con la forma, tamaño, textura y color, determinantes para la aceptación de los mismos.³⁹ Si se logra manejar las condiciones mencionadas se podrá obtener un alimento de alto contenido nutricional principalmente ricos en aminoácidos y ácidos grasos esenciales entre otros nutrientes, que favorezcan el desarrollo y supervivencia de las diferentes especies de crustáceos, moluscos y peces que se obtienen por acuicultura.⁴¹

2.3.5. El género *Daphnia* y sus características

Daphnia son crustáceos planctónicos que pertenecen a los *Phyllopoda* (llamado *Branchiopoda*).⁴² Estos organismos acuáticos son conocidos como pulgas de agua por los saltos que da dentro del mismo, el cual es generado por la acción de sus antenas³⁹; se caracteriza porque sus patas son en forma de hoja aplanadas los cuales son utilizados para producir una corriente de agua para la filtración.

El tamaño es variable, varía desde 0,2 mm hasta 5,0 mm. El género *Daphnia* pertenecen a los cladóceros, cuyos cuerpos están encerrados por una cubierta no calcificada⁴² (Figura 3). Este género incluye más de 100 especies conocidas de organismos del plancton de agua dulce que se encuentran en todo el mundo.^{39,42}

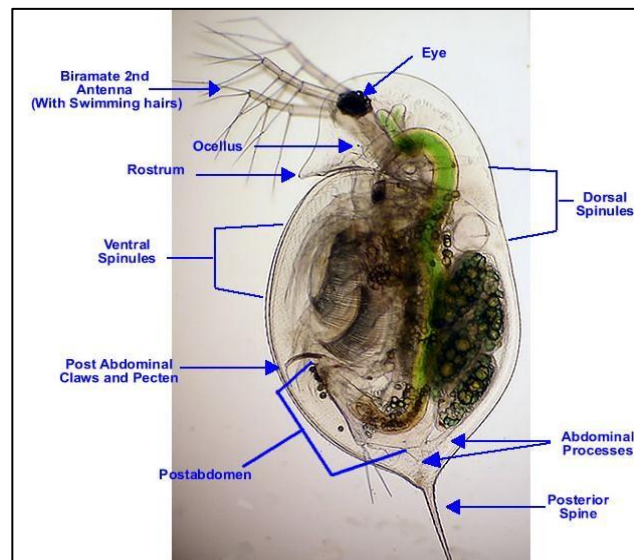


Figura 3. Anatomía del género *Daphnia*.⁴³

2.3.6. *Daphnia magna* Straus

A) Taxonomía

Según la base de datos del Sistema Integrado de Información Taxonómica en línea⁴⁴, presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Clase	: Branchiopoda
Orden	: Diplostraca
Familia	: Daphniidae
Género	: <i>Daphnia</i>
Especie	: <i>Daphnia magna</i> Straus, 1820

B) Morfología y fisiología

Entre las principales características se puede mencionar la presencia del rostrum (a), seno cervical ausente, el caparazón se extiende desde la franja entre lados del escudo cabeza, postabdomen ondeado (b) y son de hasta 5 mm de tamaño.⁴³ (Figura 4).

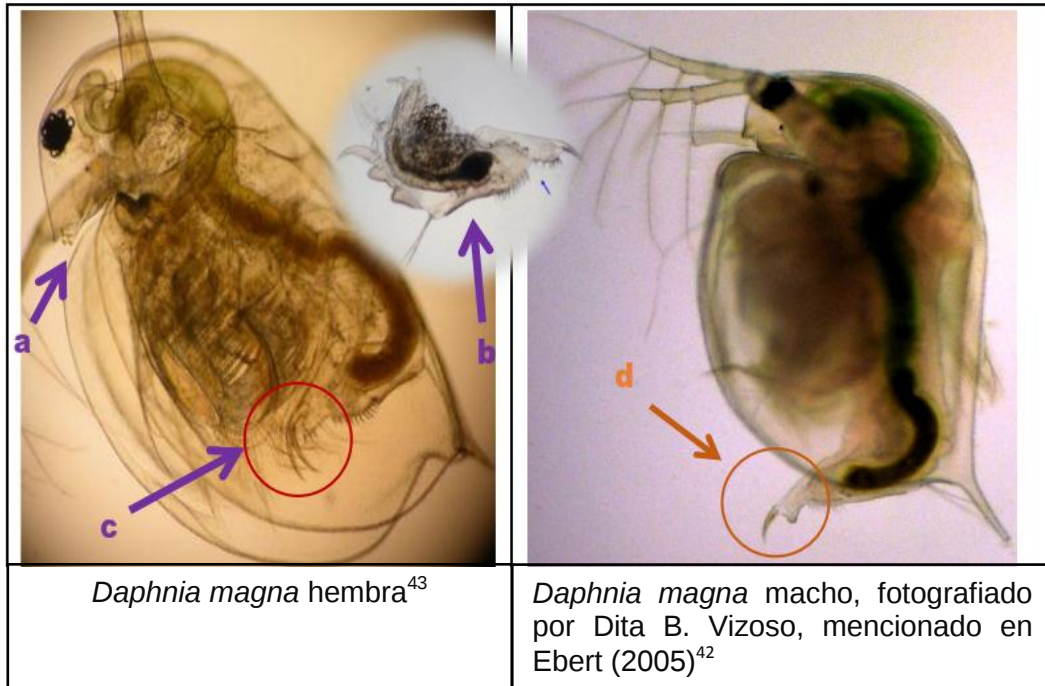


Figura 4. Anatomía de *Daphnia magna* hembra⁴³ y macho.⁴² Donde: a) rostrum, b) postabdomen, c) telson y d) gancho.g

Poseen el cuerpo segmentado en tres regiones (céfalon, pereion y pleon), siendo esta segmentación poco evidente. El tagma cefálico está integrado por seis metámeros que tienden a fusionarse formando un caparazón bivalvo comprimido lateralmente que cubre el resto del cuerpo, posteriormente se prolonga en una espina caudal, el caparazón no cubre el céfalon, siendo sustituido a este nivel por un escudo cefálico.⁴⁵ Esta estructura en su mayoría está compuesta por quitina.

Los cladóceros pueden llegar a tener hasta 10 pares de apéndices, que son: anténulas, antenas, maxilares y mandíbulas; seguido de 5 (como en *Daphnia* sp) ó 6 miembros en el tronco (como en *Daphnia magna*).⁴² Las anténulas, más reducidas en los adultos; tienen función trófica y locomotora en los juveniles y únicamente locomotora en los adultos.^{45, 46}

El final del abdomen termina en un par de garras llamadas telson (c). Los machos se diferencian de las hembras por su menor tamaño (normalmente sólo

2 mm de largo), anténulas más grandes, post-abdomen modificado (Figura 4) en un gancho (d) el cual es utilizado en el apareamiento.

La visión de los individuos de este género, reside en un único ojo compuesto de color oscuro localizado en la región antero-medial del céfalon, siendo el resultado de la fusión de dos ojos de color rosado al principio del segundo estadio del desarrollo embrionario.⁴⁷

Entre el dorso del cuerpo y el caparazón, las hembras presentan la denominada cámara dorsal de incubación. Cuando la reproducción es sexual, el macho introduce su post abdomen entre las valvas del caparazón de la hembra, y deposita el esperma en el interior de la cámara de incubación.⁴⁵

En ambientes naturales los dafnidos son de color transparente, pero en ambientes con escasez de oxígeno, adoptan un ligero tono rosado por la síntesis de hemoglobina para aumentar la eficacia en la captación del escaso oxígeno ambiental.⁴² Si el hábitat que ocupan se reoxigena, eliminan hierro.⁴² *Daphnia* tiene una circulación de sangre abierta. El corazón se encuentra entre la parte dorsal y anterior de la cámara de incubación.⁴² El intestino es más o menos tubular con tres partes: el esófago, el intestino medio y el intestino grueso. El alimento pasa a través del intestino por movimientos peristálticos.⁴²

C) Distribución y hábitat

Daphnia magna se encuentra en aguas salobres y en su mayoría en aguas dulces, en caso de este último habitan en grandes y pequeñas cuerpos de agua. Sin embargo, a pesar de estar presente en muchos cuerpos de agua no soportan hábitats con condiciones extremas, como las aguas termales.⁴²

La calidad del agua de los hábitats de *Daphnia* puede variar ampliamente. Un pH entre 6,5 y 9,5 es aceptable para la mayoría de las especies, pero un pH entre 7,2 y 8,5 es considerada como óptima. El género *Daphnia* tolera una salinidad inferior a 1,75 g.L⁻¹ (que representa el 5% de salinidad del agua de mar ya que esta contiene un promedio en sales de 35 g.L⁻¹) pero *Daphnia magna* puede tolerar salinidades de hasta 7 g.L⁻¹ (que representa el 20 % salinidad del agua de mar).⁴²

D) Ecología y comportamiento

En altas concentraciones de alimentos, *Daphnia magna* puede competir con cladóceros más pequeños, como *Daphnia galeata* y *Bosmina sp.* Cuando las concentraciones de los alimentos comienzan a declinar, muestran un retraso en la reproducción, lo que permite que organismos más pequeños se reproduzcan más rápidamente para convertirse en dominante.⁴⁸

Asimismo, presentan una migración vertical en respuesta a la depredación por peces, permaneciendo en partes inferiores de la columna de agua durante el día y pasando a la parte superior durante la noche.⁴⁹

E) Alimentación

Daphnia magna se alimenta de partículas en suspensión en el agua, por lo que son llamados filtros alimentadores. Todas las partículas de tamaño adecuado son ingeridas sin ningún mecanismo selectivo.⁵⁰

Los movimientos de los apéndices torácicos producen una corriente constante de agua entre los lados del caparazón, a medida que la corriente fluye anterior a posterior, este organismo recoge las partículas. Aunque no hay selección de dietas, estas se componen generalmente de algas planctónicas. Las algas verdes están entre los mejores alimentos, y la mayoría de los experimentos de laboratorio se llevan a cabo, ya sea con *Scenedesmus* o *Chlamydomonas*, ambos de los cuales son fáciles de cultivar. Organismos del género *Daphnia* generalmente consumen partículas de alrededor 1 µm hasta 50 µm de diámetro, aunque partículas de hasta 70 µm se pueden encontrar en el contenido intestinal de organismos grandes.⁴²

F) Ciclo de vida

En la mayoría de las especies del género *Daphnia*, se llevan a cabo entre cuatro a seis estados juveniles antes de la madurez sexual, es decir, la producción de huevos por primera vez. Una hembra adulta puede producir huevos cada 3 ó 4 días hasta su muerte. *Daphnia magna*, durante su ciclo de vida puede poner a más de 100 huevos. *Daphnia magna* presenta dos mecanismos de reproducción: sexual y asexual.⁴³

• Reproducción asexual

Cuando las condiciones ambientales son favorables, las hembras producen huevos diploides (amictico partenogénéticos) los cuales se manifiestan directamente en las crías (se convierten en clones exactos). Los huevos se desarrollan en la cámara de cría, que se encuentra debajo de la dorsal del caparazón y que está cerrado por los procesos abdominales; después de 3 días en la cámara de cría, los neonatos son liberados a través de la flexión ventral de post-abdomen.⁴²

• Reproducción sexual

La inducción para la reproducción sexual en *Daphnia magna* está provocada por estímulos como: incremento de la densidad poblacional por ende la reducción

de la disponibilidad de alimentos e incremento de competencia; asimismo factores abióticos como disminución la duración del día y la temperatura más baja, también juegan un papel menor.⁴² En estas condiciones, las hembras producen huevos haploides los cuales requieren la fertilización por los machos. Estos huevos son luego encerrados en una concha protectora llamado efipia.⁴² Los huevos fecundados son grandes y sólo se producen dos en cada puesta, uno de cada ovario. Los huevos, tras un periodo de diapausa, eclosionan rápidamente cuando las condiciones ambientales favorables se restablecen. Los huevos de resistencia eclosionan liberando hembras que restituyen la reproducción partenogenética en la población.⁵¹

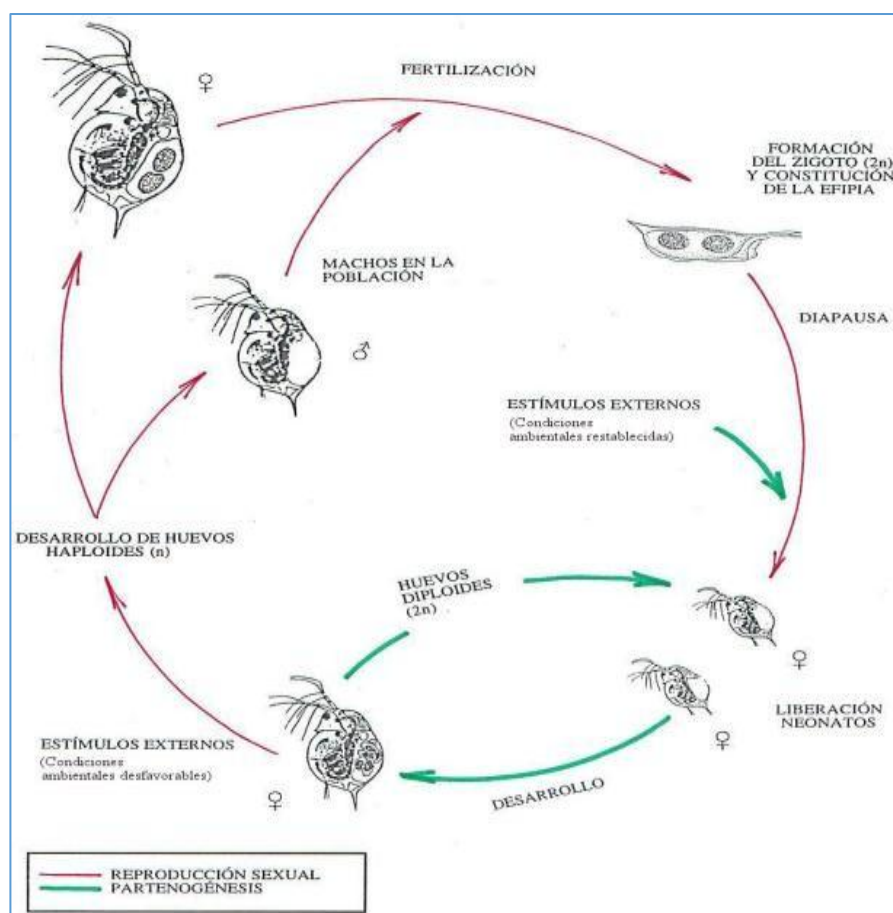


Figura 5. Diagrama del ciclo reproductivo de *Daphnia magna*.⁴⁵

G) Valor nutricional

El primer informe sobre composición química del cladócero *Daphnia magna* fue realizado por Man (1935); los análisis químicos mostraron que la materia fresca de *Daphnia magna* contenía 91,6; 2,98; 0,78; 0,62; 2,62 y 1,62 % de agua, proteínas, quitina, lípidos, extracto de N-libre y cenizas, respectivamente. (Mencionado en Bogut et al 2010).⁵² El contenido de proteína que presenta

Daphnia magna es adecuado para alimentación de los peces. Este contenido varía de acuerdo a la edad de los individuos, composición de sus alimentos, el número de huevos, etc.⁵²

Tabla 4. Composición química de materia fresca y materia seca de *Daphnia magna*.

COMPONENTES	<i>Daphnia magna</i>	
	Materia fresca (%)	Materia seca (%)
Materia seca	2.72 ± 0.06	90.46 ± 2.76
Proteínas brutas	1.18 ± 0.03	39.24 ± 1.65
Lípidos	0.15 ± 0.01	4.98 ± 0.33
Fibras crudas	0.13 ± 0.02	4.32 ± 0.21
Extracto de N-libre	0.82 ± 0.05	27.29 ± 2.32
Ceniza	0.44 ± 0.06	14.63 ± 1.41

Fuente: Bogut *et al* (2010).⁵²

Asimismo, el contenido de aminoácidos esenciales (tabla 5) en *Daphnia magna* está presente en cantidades apropiadas para la nutrición de peces omnívoros.⁵²

Tabla 5. Composición de aminoácidos en materia fresca y materia seca de *Daphnia magna*.

AMINOÁCIDOS	<i>Daphnia magna</i>	
	Materia fresca (%)	Materia seca (%)
Arginina	0.059 ± 0.002	1.60 ± 0.1
Histidina	0.026 ± 0.002	0.80 ± 0.02
Isoleucina	0.053 ± 0.003	0.90 ± 0.04
Leucina	0.080 ± 0.003	1.30 ± 0.06
Valina	0.048 ± 0.002	1.40 ± 0.03
Lisina	0.071 ± 0.003	2.20 ± 0.63
Fenilalanina	0.059 ± 0.003	2.50 ± 0.02
Metionina	0.037 ± 0.002	1.20 ± 0.03
Treonina	0.047 ± 0.002	1.50 ± 0.02
Triptófano	0.028 ± 0.002	0.30 ± 0.02

Fuente: Bogut *et al* (2010).⁵²

2.3.7. Levadura: *Saccharomyces cerevisiae*, Hansen

A) Taxonomía

Según la base de datos del Sistema Integrado de Información Taxonómica en línea⁴⁴, presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Fungi
División : Ascomycota
Clase : Saccharomycetes
Orden : Saccharomycetales
Familia : Saccharomycetaceae
Género : Saccharomyces
Especie : *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, 1983

B) Características

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es un hongo ascomiceto que ha sido ampliamente estudiado dada su importancia en la industria panadera y vitivinícola, así como por su capacidad de producir etanol.⁵³ La célula de este organismo presenta una pared celular situada entre la membrana plasmática y el medio externo, esencial para proteger a la célula de las condiciones ambientales, no siempre favorables, preservando así la integridad celular. Esta estructura tiene como una de sus principales funciones evitar la lisis celular debido a las diferencias de presión osmótica extra e intracelular.⁵⁴ También, es el sitio de anclaje de glicoproteínas que, entre otras funciones, participan en los procesos de biogénesis y remodelación de la pared celular.⁵⁵ La pared celular, a pesar de su rigidez, no es una estructura estática sino dinámica, ya que necesita adaptarse a los diferentes procesos morfogénéticos paralelos al ciclo vital de la levadura tales como la división, esporulación o crecimiento pseudohifal.⁵⁴

C) Ciclo biológico

El ciclo de vida de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* alterna dos fases, una haploide y otra diploide (Figura 6). Las células haploides presentan dos posibilidades en su ciclo biológico: un ciclo de reproducción vegetativo, por el que la célula se divide para dar dos células iguales, y un ciclo sexual, en el que dos células de tipo sexual opuesto se fusionan para dar lugar a una célula diploide que entra de nuevo en un ciclo de división vegetativo.⁵⁴

Durante el ciclo de vida vegetativo, la levadura se divide por gemación. La célula hija inicia su crecimiento formando una yema en la célula madre hasta que alcanza un tamaño similar a ésta, teniendo lugar en este momento la citoquinesis, septación y separación de las dos células. Este ciclo está organizado en periodos de división celular bien definidos, coordinados e irreversibles (mitosis), separados por periodos de gran actividad metabólica (interfase). La mitosis es el proceso celular que asegura el reparto equitativo del

material hereditario, duplicado durante la interfase, y culmina con la citoquinesis, responsable de la división de los orgánulos y otros componentes citoplasmáticos entre las dos células. La separación se inicia por contracción del anillo de actomiosina, dividiéndose así el citoplasma y dando lugar a dos células idénticas, cada una de ellas con su propio núcleo.⁵⁴

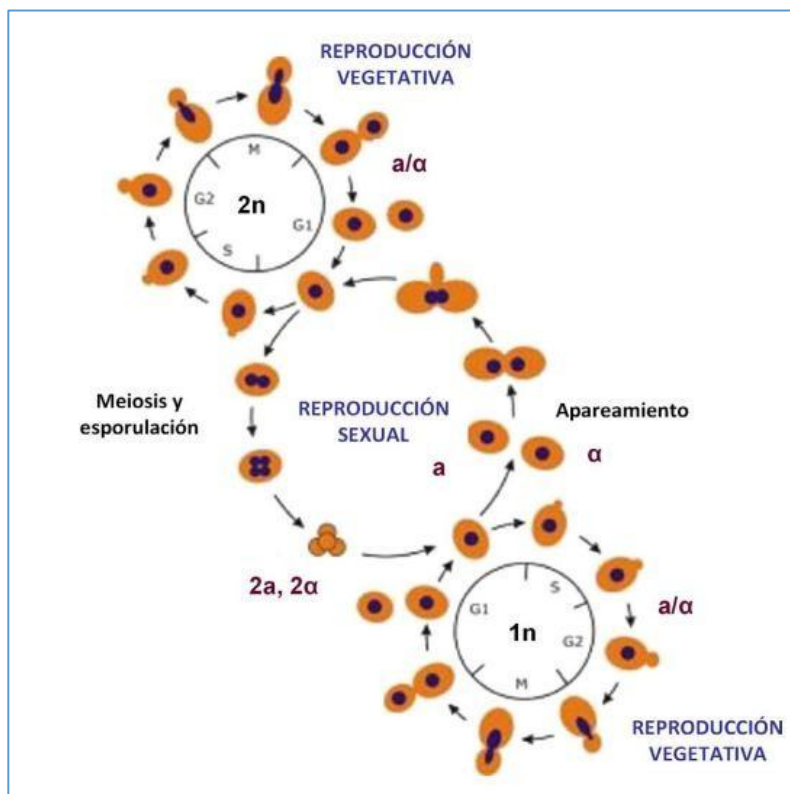


Figura 6. Diagrama del ciclo biológico de *Saccharomyces cerevisiae*⁵⁴

En cuanto al ciclo sexual, en *Saccharomyces cerevisiae* existen dos tipos celulares sexualmente opuestos, a y α , determinados por un par de alelos heterocigóticos: $MATa$ y $MAT\alpha$. Tanto las células haploides a como las α expresan de forma constitutiva una feromona del mismo nombre. Estas feromonas permiten detener el ciclo celular de las células de tipo sexual opuesto en G1, sincronizándolas así en la misma etapa del ciclo celular, y originando unas proyecciones en ambas células (conocidas como shmoos) que se fusionarán formando el cigoto, que será diploide y sufrirá sucesivas mitosis, entrando de esta manera en el ciclo mitótico diploide. Las células diploides pueden reproducirse vegetativamente por gemación si el medio en el que se encuentran tiene los nutrientes apropiados para ello o pueden esporular en condiciones ambientales de limitación de nutrientes, como pueden ser la falta de nitrógeno y la ausencia de una fuente de carbono fermentable en el medio.

Durante la esporulación, la célula diploide se divide por meiosis, dando lugar a cuatro células hijas haploides con una dotación cromosómica que será la mitad de la célula madre, las cuales quedan contenidas dentro de un saco denominado asca. Las ascas poseen una pared gruesa capaz de proteger a las células de las adversidades del medio ambiente durante largos periodos de tiempo. Si las condiciones del medio lo permiten, la pared del asca se degrada y se liberan los productos haploides (ascosporas), que germinarían y comenzaría un ciclo mitótico haploide, dividiéndose por gemación.⁵⁴

D) Valor nutricional

Perdomo et al.⁵⁶, al estudiar el valor nutritivo de *Saccharomyces cerevisiae* determinaron que su composición química es variable cuando se trata de su pared celular, la levadura y el extracto de la levadura (Tabla 6), asimismo determinaron los aminoácidos esenciales (Tabla 7).

Tabla 6. Análisis proximal de la composición química de la levadura, del extracto y de la pared celular de la levadura.

PRODUCTO	HUMEDAD (%)	N*6,25	GRASA CRUDA (%)	FIBRA CRUDA (%)	CENIZAS TOTALES (%)
Levadura	5.3	52.3	0.06	1.44	7.41
Extracto de levadura	5.5	70.8	0.17	0.67	12.07
Pared celular de levadura	10.7	21.8	0.93	1.52	1.43

Fuente: Perdomo et al.⁵⁶ Donde: N*6,25 es la Proteína Cruda en %.

Tabla 7. Perfil de aminoácidos esenciales de la levadura y el extracto de levadura.

PRODUCTO	AA esenciales (%)									
	Met	Cis	Lis	Tre	Arg	Iso	Leu	Val	His	Fen
Levadura	1	0.6	4.3	3.1	2.8	2.8	4.3	3.5	1	2.6
Extracto de levadura	1.2	0.7	5.6	3.4	3.7	3.6	5	4.4	1.8	3.2

Fuente: Perdomo et al.⁵⁶

2.3.8. Espinaca: *Spinacia oleracea*

A) Taxonomía

Según la base de datos del Sistema Integrado de Información Taxonómica en línea⁴⁴, presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Plantae
 División : Tracheophyta
 Clase : Magnoliopsida
 Orden : Caryophyllales

Familia : Amaranthaceae
Género : Spinacia
Especie : *Spinacia oleracea*

B) Características botánicas

La espinaca es una planta que en una primera fase forma una roseta de hojas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias. Son plantas dioicas. Presentan una raíz pivotante. Las hojas son caulíferas.⁵⁷

C) Valor nutricional

El valor nutritivo de las espinacas radica en su alto contenido en vitaminas y minerales. Este vegetal aporta una gran cantidad de β -carotenos (3,254 μ g/100g de espinaca cruda) y vitaminas, los cuales desempeñan acciones antioxidantes y estimuladoras del sistema inmune.⁵⁸

Tabla 8. Composición nutricional de la espinaca.

Valor nutricional por cada 100 g					
Energía	23 kcal	Vitamina C	28 mg	Retinol (vit. A)	469 μ g
Carbohidratos	3,6 g	Vitamina E	2 mg	Riboflavina	0,19 mg
Grasas	0,4 g	Vitamina K	483 μ g	Hierro	2,7 mg
Proteínas	2,9 g	Calcio	99 mg	Sodio	79 mg

Fuente: Base de datos de nutrientes de USDA.⁵⁹

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología y Control Ambiental de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.1.1. Ubicación política

País : Perú

Departamento: Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

3.2. Muestra

Para el presente trabajo, las muestras representaron la población de cada frasco los cuales fueron contados en su totalidad cada cuatro días.

3.3. Metodología y recolección de datos

3.3.1. Obtención e identificación de *Daphnia magna*

- Para la obtención del organismo, se procedió a comprar de un acuario denominado CLEO, ubicado en la ciudad de Lima, en el Centro Comercial Jesús María. Av. Húsares de Junín 548 - Lima 11.
- Estos organismos fueron identificados por la Bach. Viviana Huamán Tenorio como *Daphnia magna*, con el uso de claves pictóricas (Anexo 5) y clave taxonómica de Pennak ⁶⁰(Anexo 6). La determinación se realizó en el Laboratorio de Ecología y Control Ambiental de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.3.2. Obtención de cepas de *Daphnia magna*

- Una vez realizada la identificación de la especie *Daphnia magna*, se aisló 100 organismos del mismo tamaño a un frasco de vidrio de 1.5 L de capacidad llenada con agua declorada a un volumen de 500 mL. Estos últimos

organismos fueron mantenidos y alimentados por 2 semanas. Para la alimentación se usó aguas extraídas de los estanques del CERE “La Totorilla”.

- El cultivo se mantuvo a una temperatura ambiente, aireación suave constante y exposición indirecta a la luz.
- En el cultivo se observó que al término del sexto día la mayoría de los organismos presentaban huevos, en el día 8 algunos nacieron (estas crías fueron retiradas y eliminadas) y fue en el día 10 que hubo una mayor cantidad de nacimientos.
- Las crías de *Daphnia magna* nacidas en el día 10 fueron aisladas a un frasco de vidrio de 1.5 L de capacidad llenada con agua declorada a un volumen de 1 L. Estos neonatos no fueron alimentados durante 48 horas y fueron aclimatados a una temperatura de 20 ± 2 °C. Estos últimos son los que fueron colocados en las unidades experimentales.

3.3.3. Diseño experimental

- Diseño completamente randomizado con 3 tratamientos y 4 repeticiones, constituyendo un total de 12 unidades experimentales.
- Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1: 1 mL de levadura activa a una concentración de 0.002 g/mL.

Tratamiento 2: 1 mL de extracto de hojas de espinaca

Tratamiento 3: 0.5 mL de levadura activa a una concentración de 0.002 g/mL y 0.5 mL de extracto de hojas de espinaca.

3.3.3.1. Unidades experimentales

Las unidades experimentales (Anexo 3) fueron frascos de vidrio de boca ancha con una capacidad de 1,5 L, en los que se colocó 1 L de agua declorada. En cada unidad se instaló un sistema de aireación constante suave y 10 organismos de *Daphnia magna*.

- Para mantener la aireación constante se hizo uso de un compresor de aire de 125L/min de capacidad (Anexo 2); el aire se distribuyó con la ayuda de una manguera de silicona y piedras difusoras colocadas en cada unidad experimental.
- Los frascos fueron tapados para evitar contaminación.
- Las unidades experimentales fueron colocadas en un acuario cuyas dimensiones fueron: 50 cm de largo, 60 cm de ancho y 20 cm de altura (60 L de capacidad). En el acuario se colocó agua de caño hasta que el nivel de agua del acuario y de las unidades experimentales sean el mismo.

- Con la ayuda de un termostato (Anexo 2) se mantuvo la temperatura constante y uniforme.

3.3.3.2. Alimentación de los organismos de las unidades experimentales

Para la alimentación de *Daphnia magna* se usó dos dietas:

- Levadura activada; para ello se pesó 0.02 g de levadura seca y se diluyó en 10 mL de agua desionizada obteniendo así una concentración de 0.002 g/mL.
- Extracto de espinaca; para este caso se procedió a licuar las hojas y filtrarlas con una tela; las hojas fueron previamente lavadas con agua hervida tibia para evitar cualquier contaminación por patógenos.

3.3.4. Condiciones de crecimiento

- Para el cultivo de *Daphnia magna* se emplearon 12 frascos de vidrio transparente de boca ancha con capacidad de 1,5 L.
- El agua que se usó para mantener el cultivo de *Daphnia magna*, en todo el experimento, fue agua de grifo reposada para la eliminación del cloro (agua declorada).⁹
- A los 12 frascos de vidrio se colocaron 1 L de agua declorada.⁶¹
- Cada frasco fue inoculado con 10 neonatos de *Daphnia magna*⁶¹ de 2 días de nacido.
- Los cultivos fueron alimentados diariamente a las 10 am.
- Las condiciones de temperatura del agua variaron entre: 20 ± 2 °C.⁶¹
- Se mantuvo una aireación suave constante, durante todo el tiempo que duró el experimento.
- El cultivo se mantuvo a un pH 7.
- El cultivo se mantuvo con una exposición indirecta de la luz.

3.3.5. Limpieza y mantenimiento de las unidades experimentales

- Cada 4 días se renovó, con agua declorada, el 50 % del volumen del medio de cultivo. Para esta actividad se hizo uso de un sifón para remover las exubias y restos de alimento depositados en el fondo de los frascos.
- Cada 7 días se realizó un recambio a un frasco limpio manteniendo el 50% del volumen del medio de cultivo; una vez realizado el recambio se recuperó el volumen adicionando, la mitad faltante con agua declorada.

3.3.6. Evaluación del efecto de la alimentación

- Los organismos de *Daphnia magna* fueron contados en su totalidad cada 4 días.

- El experimento duró 20 días realizando un total de 5 conteos, en las que se determinó solo el crecimiento exponencial. Los conteos se realizaron con la ayuda de una manguera de silicona, (Anexo 6), en el cual los cladóceros eran succionados a través de ella y debido a la transparencia de la misma, así como al gran tamaño que presenta el organismo se realizaba un conteo directo. Los cladóceros contados se traspasaban a un frasco con 500 mL de agua de clorada limpia para posteriormente completar el restante con agua del medio de cultivo. Se determinó los siguientes parámetros:
- Crecimiento poblacional: Este parámetro se estimó con los promedios de los números de organismos de las 4 repeticiones de cada tratamiento y periodo evaluado.
- Tasa instantánea de crecimiento (r): Este parámetro se determinó con los datos obtenidos en cada conteo de los organismos de todos los frascos para cada tratamiento; para ello se utilizó la siguiente formula ^{2,14}:

$$r = \frac{\ln Nt - \ln No}{t}$$

Dónde:

Nt: Número final de cladóceros en el tiempo "t"

No: Número inicial de cladóceros

t: Tiempo del cultivo

3.4. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos de los parámetros poblacionales (tasa instantánea de crecimiento y crecimiento poblacional) fueron procesados estadísticamente con la ayuda el paquete estadístico MINITAB 17 para determinar diferencias significativas ($P < 0.05$) mediante un análisis de varianza de una sola vía.

Para determinar entre qué tratamientos hubo diferencias, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, con un 5 % de error. Asimismo, se utilizó el programa Excel 2010 para obtener las curvas de tendencia del crecimiento poblacional.

IV. RESULTADOS

Tabla 9. Valores promedio ($\pm$ D.S.) del número de organismos de *Daphnia magna* por dieta experimental y día de muestreo.

DÍAS DE CULTIVO	DIETAS EXPERIMENTALES		
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (T1)	<i>Spinacia oleracea</i> (T2)	Mixta (T3)
0	10	10	10
4	10 $\pm$ 0	10 $\pm$ 0	10 $\pm$ 0
8	22 $\pm$ 5	43 $\pm$ 17	36 $\pm$ 9
16	150 $\pm$ 0	1 250 $\pm$ 574	1 025 $\pm$ 96
20	227 $\pm$ 65	2 514 $\pm$ 741	1 931 $\pm$ 96

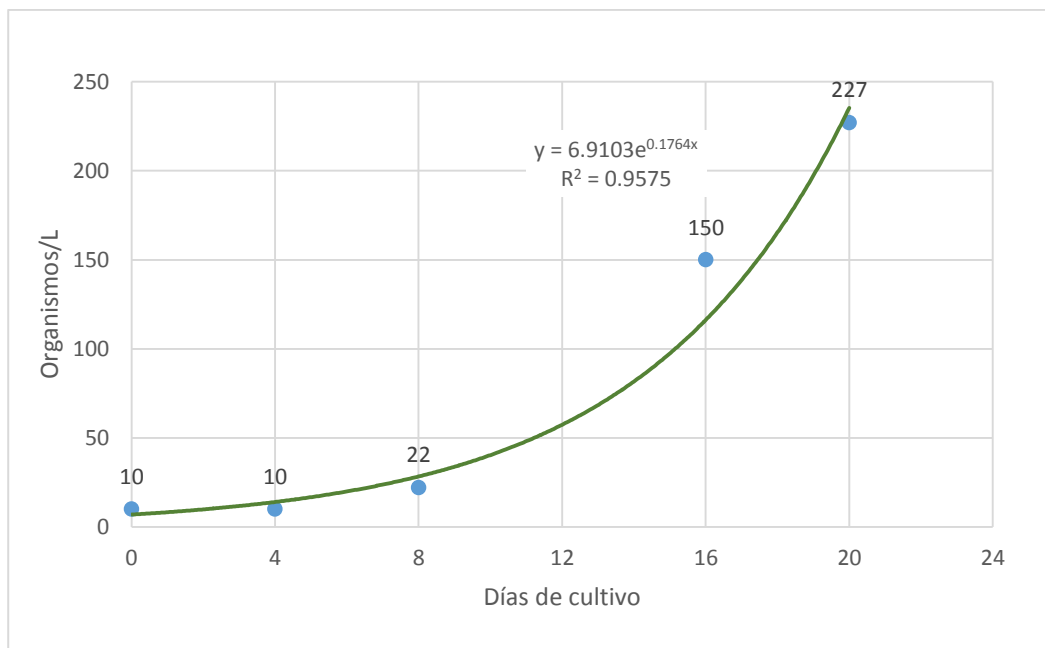


Figura 7. Curva de tendencia promedio del crecimiento poblacional de *Daphnia magna* alimentadas con levadura

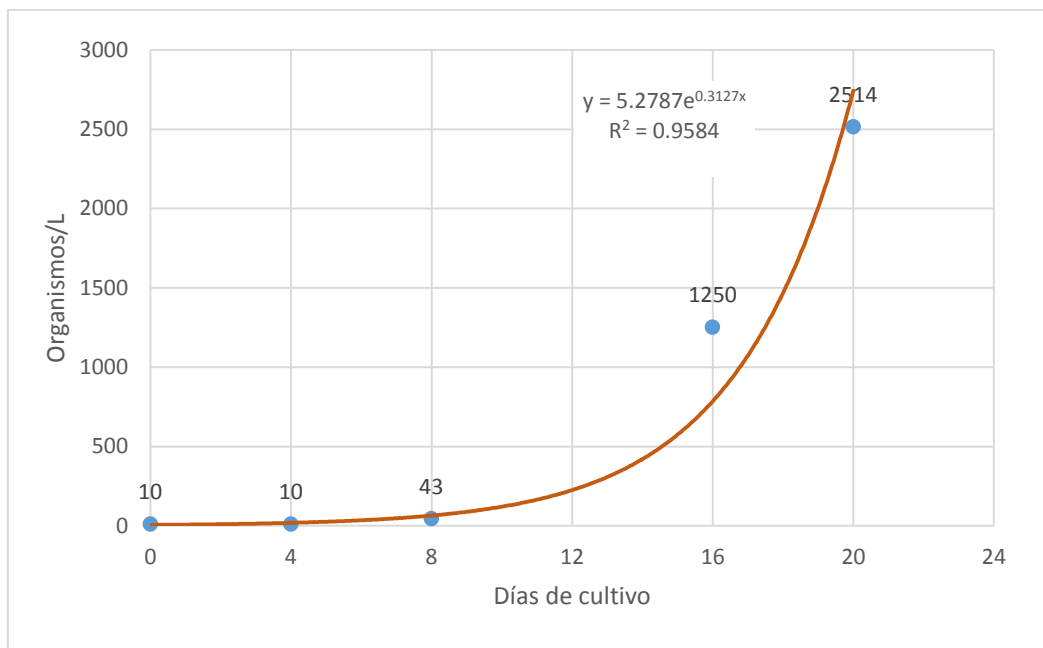


Figura 8. Curva de tendencia promedio del crecimiento poblacional de *Daphnia magna* alimentadas con espinaca.

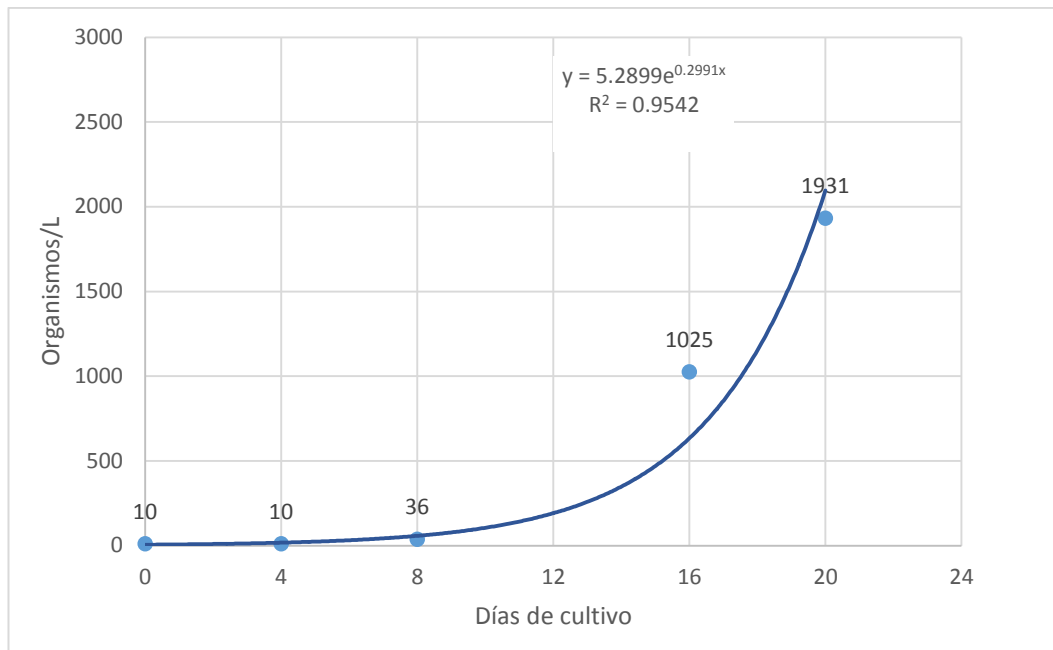


Figura 9. Curva de tendencia promedio del crecimiento poblacional de *Daphnia magna* alimentadas con dieta mixta.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos para el número de cladóceros al finalizar el experimento, según tratamiento.

Tratamiento (dieta)	*Promedio $\pm$ D.S (organismos/L) *	Coeficiente de variación (%)	N (Número de repeticiones)
Tratamiento 1	227 $\pm$ 65 ^a	29	4
Tratamiento 2	2 514 $\pm$ 741 ^b	29,5	4
Tratamiento 3	1 931 $\pm$ 96 ^b	5	4

*Valores con letras iguales en la columna no son diferentes estadísticamente.

Tabla 11. Valores de la tasa de crecimiento para cada periodo evaluado según tratamiento y valores promedio ($\pm$ D.S.) de la tasa de crecimiento de *Daphnia magna* en cultivo.

Días de cultivo	Tasa de crecimiento (r)			*Promedio de la tasa de crecimiento $\pm$ D.S.		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
0 - 4	0	0	0			
4 - 8	0,20	0,36	0,32	0,14 $\pm$ 0,015 ^a	0,24 $\pm$ 0,017 ^b	0,22 $\pm$ 0,003 ^b
8 - 16	0,24	0,42	0,42			
16 - 20	0,10	0,17	0,16			

*Valores con letras no son diferentes estadísticamente. Los valores de la tasa de crecimiento fueron estimados a partir de la ecuación de Prieto *et al.* (2006)² y Mandujano (2011)¹⁴

V. DISCUSIÓN

En la Tabla 9 se muestran los valores promedio del número de organismos de *Daphnia magna* por tratamiento en todo el periodo evaluado, observándose mayores valores con las dietas de *Spinacia oleracea* (T2) y la dieta mixta (T3) con 2 514 organismos y 1 931 organismos respectivamente en comparación con la dieta de *Saccharomyces cerevisiae* (T1) cuyo número de organismos promedio fue de 227 organismos. La tabla nos muestra, también, que a pesar de que con el tratamiento 2 se obtiene un buen número de organismos, se presenta una mayor desviación estándar al igual que con el tratamiento 1 mostrando de esta manera gran dispersión de los datos para ambos casos, estos resultados son corroborados en la Tabla 10, ya que en esta tabla se muestra un coeficiente de variación de 29% para T1 y 29,5% para T2, mientras que el T3 fue el más homogéneo con 5% de CV.

En cuanto a la tasa de crecimiento poblacional (Tabla 11) se observa mejores resultados con el T2 y T3, obteniéndose un promedio de 0,24 y 0,22 respectivamente, con respecto al T1 cuyo valor es de 0,14.

El tipo de alimento reveló incidencia en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento, tal como se muestra en la prueba estadística ANOVA (Anexo 8), presentando diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Al realizar, posteriormente, la prueba de Tukey (Anexo 10), para determinar entre cuales tratamientos hay diferencias, se determinó que el tratamiento 2 y 3 no son diferentes estadísticamente lo que demuestra que ambas dietas tienen el mismo efecto en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento poblacional. Sin embargo, la misma prueba demuestra que el tratamiento 1 es diferente a los tratamientos 2 y 3 son diferentes estadísticamente.

Los mayores resultados poblacionales y tasa de crecimiento obtenidos en *Daphnia magna* fueron los alimentados con *Spinacia oleracea* (T2) y *Spinacia oleracea* + *Saccharomyces cerevisiae* (T3).

La espinaca contiene proteína hasta en 30%, diversos minerales, vitaminas y ácidos grasos polinsaturados (PUFA).⁵⁹ Los cladóceros difieren en su sensibilidad a diferentes tipos de alimentos, se tiene así que algunos minerales y ácidos grasos esenciales son más importantes para algunas especies que otros.⁶² Boersma (2000)⁶³ reporta aumentos en la tasa de crecimiento de *Daphnia magna* cuando las emulsiones de PUFA se agregan a medios de cultivos mineralizados y argumenta que los PUFA sirven como una fuente de energía y no de ácidos grasos esenciales.

Los menores resultados en cuanto a crecimiento poblacional y tasa de crecimiento poblacional de *Daphnia magna* fueron con la dieta que consistía solo con *Saccharomyces cerevisiae* (T1); ello se puede inferir debido a que es necesaria la adición de suplementos ya que los cladóceros alimentados sólo con levaduras, no presentan un buen crecimiento poblacional.⁶⁴ Si bien es cierto que la levadura es estudiada para el uso en la acuicultura, debido a su contenido nutricional y son usados como dieta para microcrustáceos como *Daphnia*⁶⁵; éstos carecen de ciertas vitaminas por lo que es necesaria la adición de otros suplementos alimenticios para mantener la estabilidad del cultivo y disminuir los efectos de los productos de la degradación de la levadura.²

Investigadores como Gonzales (1988), mencionan que el valor nutritivo de un alimento influye en la tasa de crecimiento de una población, condicionando el tiempo de desarrollo del juvenil, la tasa de reproducción y la frecuencia reproductiva (citado en Prieto *et al.* (2006)²), por lo que las deficiencias nutricionales generan lento crecimiento poblacional y bajas tasas reproductivas ya que en este caso el alimento es utilizado para su sobrevivencia.⁶⁶ Esto se confirma con el presente trabajo con los resultados de crecimiento poblacional y tasa de crecimiento poblacional obtenidos para cada dieta, en donde organismos alimentados con *Spinacia oleracea* y dieta mixta presentaron los mejores resultados en comparación con los organismos alimentados solo con levadura. Asimismo, Cowgill *et al.* (1985) demostraron que de dos medios de cultivo, uno orgánico y otro inorgánico, empleando *Selenastrum capricornutum*, *Ankistrodesmus convolutus*, y *Chlamydomonas reinhardtii* como alimento para *Daphnia magna*, el mayor número de neonatos nacidos, fueron de un medio de cultivo mixto de algas desarrolladas en un medio orgánico, mientras que un número menor, fue obtenido de una dieta sintética concluyendo que una dieta mixta genera buenos resultados (como se cita en Ortega y Reyes)¹¹.

En este trabajo, los organismos de *Daphnia magna* alimentados solo con levadura arrojan un resultado de 227 org.L⁻¹ y 0,14 en cuanto al crecimiento poblacional y tasa de crecimiento poblacional respectivamente. La concentración de levadura activada que se usó fue de 0,002 g/mL, concentración superior a los utilizados por Ocampo *et al.* (2010)⁶, ya que estos investigadores reportan que a una concentración de 25 ppm de levadura y 25 ppm de la fuente de ácidos grasos obtuvieron un mayor promedio de *Daphnia magna*/L y mayor tasa de crecimiento, presentando un valor de 826 org.L⁻¹ y 0,258 /día respectivamente, estos resultados son superiores a los del presente trabajo; este hecho se puede atribuir debido a que una elevada concentración de la levadura en el medio de cultivo de cladóceros puede generar crecimiento bacteriano (Madigan *et al.* (2003), citado por Núñez y Hurtado (2005)⁶⁷).

Ortega y Reyes (1998)¹⁰, con el fin de determinar el crecimiento poblacional de *Daphnia magna* cultivaron en 3 matraces de 2 L de capacidad un organismo de *Daphnia magna*, manteniendo una temperatura que fluctuó entre 22 °C y 23 °C; los organismos fueron alimentadas con *Kirchneriella obesa*; al cabo de 24 días obtuvieron 2 941; 3 700 y 2 345 organismos por matraz. Estos resultados son superiores a los obtenidos en este trabajo, este hecho puede atribuirse a que los investigadores alimentaron a *Daphnia magna* con algas y a la vez sembraron los cladóceros a densidades bajas (1 org.2 L⁻¹), ya que a densidades bajas de cultivo de *Daphnia sp* se producen grandes cantidades de neonatos por hembra y sucede lo contrario con aquellas sembradas a densidades altas.⁶⁸

Oliveira *et al.*¹², evaluaron el crecimiento poblacional de *Daphnia magna* alimentadas con diferentes dietas. a) 1 g de biomasa seca de *Scenedesmus subspicatus*, b) 0,5 g de biomasa seca de *Scenedesmus subspicatus* más 0,5 mL de alimento para peces fermentado y c) 1 mL de alimento para peces fermentado. El experimento tuvo una duración de 21 días, obteniéndose una mayor población con la dieta mixta con un promedio de 2 080 org.4L⁻¹; estos resultados son inferiores a los encontrados en este trabajo.

Asimismo, Rojas *et al* (1999)⁹, trabajaron con *Daphnia pulex* en 14 L de cultivo, a 22°C utilizando tres dietas a base de salvado de trigo: a) salvado solo (10 mL), b) salvado más jugo de rábano y c) salvado más jugo de espinaca. Los cultivos comenzaron con una densidad inicial de 14 org.L⁻¹ y tuvieron una duración de cultivo de 21 días. Los resultados de densidad fueron 123; 517 y 637 org.L⁻¹ respectivamente; estos valores son menores a los reportados en este trabajo.

Tanto Oliveira *et al.*¹² y Rojas *et al.*⁹ concluyen que se obtiene mejores resultados con una dieta mixta. Estas conclusiones se asemejan al presente trabajo, ya que con dietas mixtas se obtiene altos valores; al comparar todos estos resultados con los obtenidos en este trabajo podemos inferir que *Daphnia magna* estaría indicando una respuesta adecuada a las condiciones de cultivo.

Los resultados en cuanto al crecimiento poblacional también pueden ser explicados en relación con el tamaño de la partícula, ya que Fileto *et al.* (2004)⁶⁹ plantea que la calidad del alimento está definida en función del tamaño de la partícula y las características bioquímicas como la composición de ácidos grasos esenciales y otros nutrientes. Además, existe una relación del tamaño de la partícula disponible y la capacidad de ingesta por parte de los cladóceros.² Estudios demuestran que los neonatos de *Moinodaphnia macleayii* pueden ingerir un diámetro máximo de partículas de 13,6 μm y un adulto de la misma especie aproximadamente de 24 μm de diámetro. Además, *Saccharomyces cerevisiae* presenta un tamaño de partícula de 5-7 μm . Teniendo en cuenta estos hechos se puede decir que *Daphnia magna* también puede filtrar adecuadamente la levadura.⁷⁰

Asimismo, se observó que los organismos de *Daphnia magna* en cuya dieta incluye la espinaca presentaron una coloración rojiza. Una de las propiedades de la espinaca es la de presentar β -carotenos⁵⁸, que son pigmentos naturales, por lo que podría inferirse que la coloración de *Daphnia magna* puede deberse a estos componentes, teniendo en cuenta que el tipo de dieta influye en las características de un organismo. En la acuicultura se usan colorantes alimenticios que son adicionadas en cantidades traza a una dieta o mezcla alimenticia para facilitar su ingestión (a través del incremento de la visibilidad de las partículas alimenticias).⁴⁰ Dendrinós *et al.* (1984)⁷¹ fueron capaces de incrementar la eficiencia de alimentación de larvas y postlarvas de la platija (*Solea solea*) al teñir nauplios de *Artemia salina* con diferentes colorantes alimenticios de esta manera observaron que se incrementa el contraste de percepción del alimento en relación a la iluminación del fondo. Podemos inferir que la espinaca provee a los cladóceros una coloración llamativa para los depredadores, un aspecto importante en la acuicultura.

Las figuras 7, 8 y 9 nos muestran las curvas de tendencia del crecimiento poblacional para cada tratamiento. Prieto *et al.*² observaron en el cultivo de *Moina* sp cuatro fases durante el crecimiento poblacional: una fase de latencia,

fase de aceleración, fase de crecimiento exponencial y finalmente la fase de descenso exponencial. En el presente trabajo se pudo observar tres de las cuatro fases. Para todas las dietas en los primeros cuatro días no se muestra ningún cambio en el número de organismos, siendo esta la fase de latencia en el cual se observa una limitada capacidad reproductiva. La fase de aceleración se observó en el periodo 4 – 8 días, ya que los organismos empiezan a reproducirse incrementando levemente su población, con una tasa de crecimiento de 0,20; 0,36 y 0,32 para el T1, T2 y T3 respectivamente. La fase de crecimiento exponencial se observó en el periodo 8 – 16 días, en donde el número de organismos de *Daphnia magna* se incrementa rápidamente y con tasas de crecimiento de 0,24; 0,42 0,42 para el T1, T2 y T3 respectivamente. No podemos inferir la población máxima alcanzada para cada tratamiento y a partir del cual se generaría un descenso; sin embargo, se observó que en el periodo 16 – 20 días las tasas de crecimiento disminuyen a 0,10; 0,17 y 0,16 para el T1, T2 y T3 respectivamente. En este trabajo no se evaluó todo el comportamiento del crecimiento poblacional; ya que solo se evaluó el efecto de las dietas para un periodo de 20 días.

Tenemos que tener en cuenta que el resultado final de un experimento no se le debe atribuir a un solo factor. Si bien es cierto que en este trabajo se han mantenido algunos parámetros constantes, tales como: temperatura y pH, es necesario mencionar los efectos que podrían causar en el crecimiento y tasa de crecimiento poblacional.

En este estudio la temperatura fue estable a lo largo del cultivo manteniéndose en un rango de 21 ± 2 °C, dicho valor se encuentra dentro del rango de 20–28 °C, el cual es reportado como adecuado para el cultivo de cladóceros; sin embargo es importante mencionar que este factor afecta el desarrollo y metabolismo de los organismos zooplanctónicos.⁷ Algunos investigadores afirman que la sobrevivencia de los cladóceros está relacionada inversamente con la temperatura y que la tasa intrínseca de crecimiento y la tasa de reproductividad incrementan en forma directa con la temperatura haciendo que el tiempo de generación disminuya.⁷² Asimismo estudios mencionan que la densidad alcanzada por *Daphnia sp* depende de la temperatura y tipo de alimento, sin embargo si el primer factor se mantiene controlada de manera adecuada no altera la variación de la densidad.⁶ Rodríguez *et al.*⁷ demuestran

que la temperatura solo afecta en la longevidad de los organismos y que la cantidad de neonatos que produce cada hembra está ligada al tipo de dieta.

En este trabajo las unidades experimentales se mantuvieron con aireación constante; el OD no es un factor limitante para el crecimiento poblacional de *Daphnia*⁶⁹, ya que estudios como los realizados por Rottmann *et al.* (2003), reportan que los cladóceros toleran ambientes deficientes o sobresaturados de oxígeno, gracias a su capacidad adaptativa de sintetizar hemoglobina cuando están en ambientes bajos de oxígeno (citado en Otero *et al.* (2013)⁷³). Siendo así, la alimentación con espinaca resultaría beneficiosa ya que este vegetal aporta hierro, necesario para la composición de la hemoglobina.

En este trabajo las unidades experimentales se mantuvieron a un pH de 7. Estudios indican que valores de pH de cultivos entre 7.00 y 7.62 no inciden en el crecimiento poblacional, sin embargo, valores por encima o debajo de estos rangos puede influir de manera negativa en el crecimiento poblacional.⁷³

Cabe mencionar que una intensidad luminosa de por lo menos 2000 lux atrae a la mayoría de organismos del zooplancton y es el mejor promotor para la tasa de crecimiento.² En este trabajo no se hizo uso de fluorescentes para la iluminación directa, sin embargo, los cultivos se mantuvieron a una exposición indirecta de la luz.

Daphnia magna podría considerarse un organismo potencial en la acuicultura. Asimismo, el uso de vegetales como la espinaca, debido a su alto valor nutricional, para la alimentación de cladóceros es importante ya que los organismos dependen del tipo de dieta no solo para su crecimiento sino también determinan sus características bromatológicas. Núñez y Hurtado (2005)⁶⁷ recomiendan un sistema de cultivo a base de una alimentación con jugo de alfalfa ya que resulta económica y efectiva para el desarrollo de *Daphnia magna*.

VI. CONCLUSIONES

1. El tipo de dieta influye en el crecimiento poblacional y en la tasa de crecimiento de *Daphnia magna*, siendo mejores los resultados con dietas que incluyan la espinaca.
2. *Daphnia magna* al ser alimentadas solo con levadura presentó un crecimiento poblacional promedio de 227 organismos y un promedio de tasa de crecimiento de 0,14 en 20 días.
3. *Daphnia magna* al ser alimentadas con el jugo de espinaca presentó un crecimiento poblacional promedio de 2 514 organismos y un promedio en la tasa de crecimiento de 0,24 en 20 días.
4. *Daphnia magna* al ser alimentadas con dieta mixta presentó un crecimiento poblacional promedio de 1 931 organismos y un promedio de tasa de crecimiento de 0,22 en 20 días.

VII. RECOMENDACIONES

1. Los resultados de esta tesis podrían complementarse más adelante con otros estudios de interacción entre los diferentes factores, como la temperatura, exposición directa a la luz, etc. que afecten el crecimiento poblacional y la tasa de crecimiento, para determinar las distintas respuestas de este organismo frente a diferentes condiciones; de esta manera ayudará a tomar decisiones más acertadas para su manejo en escalas mayores.
2. Es recomendable realizar estudios con otras dietas como algas, extracto de otros vegetales, etc. ya que pueden resultar más beneficiosas en el crecimiento poblacional y valor nutritivo.
3. Los factores ambientales no se pueden controlar en condiciones naturales por lo que es necesario realizar estudios en este tipo de condiciones para determinar la aclimatación de este organismo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de la Producción. Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura (C+DT+i) 2013 - 2021 [Internet]. Lima – Perú, 2013. Recuperado a partir de: http://portal.concytec.gob.pe/images/stories/images2013/agosto/programa_c_tj_acuicultura.pdf
2. Prieto MJ, De la Cruz L, Morales M. Cultivo experimental del cladóceros *Moina sp* alimentado con *Ankistrodesmus sp* y *Saccharomyces cerevisiae*. Rev. MVZ Córdoba [Internet]. 2006 [citado 4 de junio de 2015]; 11(1): 705-714. Recuperado a partir de: http://www.academia.edu/6999198/CULTIVO_EXPERIMENTAL_DEL_CLADOCERO_Moina_sp_ALIMENTADO_CON_Ankistrodesmus_sp_y_Saccharomyces_cerevisiae
3. Prieto MJ. Alimento vivo y su importancia en acuicultura. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola [Internet]. 2006 [citado 15 de junio de 2015]; 2(2). Recuperado a partir de: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1597>
4. Castro T, De Lara R, Castro G, Castro J, Malpica A. Alimento vivo en la acuicultura. Contactos [Internet]. 2003 [citado 1 de agosto de 2015]; 48: 27-33. Recuperado a partir de: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/acuicultura.pdf>
5. Sipaúba-Tavares L, Rocha O. Produção de Plâncton (fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de Organismos Aquáticos. São Carlos (BRA). RIMA; 2003. p.106.
6. Ocampo LE, Botero M, Restrepo LF. Evaluación del crecimiento de un cultivo de *Daphnia magna* alimentado con *Saccharomyces cerevisiae* y un enriquecimiento con avena soya. Rev Colomb Cienc Pecu [Internet]. 2010 [citado 5 de agosto de 2015]; 23 (1): 78-85. Recuperado a partir de: <http://www.scielo.org.co/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0122-0268200800020001700005&lng=en&pid=S0122-02682008000200017>
7. Rodríguez J, Villaseñor R, Martínez F. Efecto de la temperatura y tipo de alimento en el cultivo de *Moina micrura* (Kurz, 1874) (Anomopoda: Moinidae) en condiciones de laboratorio. Hidrobiológica [Internet]. 2003 [citado 8 de agosto de 2015]; 13 (3): 239-246. Recuperado a partir de: http://www.researchgate.net/publication/267512162_Efecto_de_la_temperatura_y_tipo_de_alimento_en_el_cultivo_de_Moina_micrura_%28Kurz_1874%29_%28Anomopoda_Moinidae%29_en_condiciones_de_laboratorio
8. Alcántara AK, Contreras AI, Reyes NE, Castro J, Castañeda H, Castro G, Ocampo JA. Comparación de la densidad poblacional de *Daphnia pulex* Müller, 1785 en cultivos de laboratorio alimentadas con tres microalgas verdes unicelulares (*Sphaerocystis sp.*, *Chlorella vulgaris* y *Haematococcus pluvialis*). Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente [Internet]. 2014 [citado 9 de agosto de 2015]; 1 (5): 18-25. Recuperado a partir de: http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/03_DAPHNIA_PULEX_ESPANOL
9. Rojas ML, Navarrete NA, Elías G, Contreras G. Efecto de jugos vegetales sobre la producción de *Daphnia pulex* (Cladocera: Daphnidae) en condiciones de laboratorio. Rev. Biol. Trop [Internet]. 1999 [citado 25 de agosto de 2015]; 47(3): 429-435. Recuperado a partir de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000300016

10. Ortega A, Reyes H. Crecimiento poblacional de *Daphnia magna* Strauss bajo condiciones de cultivo. Revista Ciencia y mar [Internet]. 1998 (a) [citado 27 de agosto de 2015]; 2 (6): 3-6. Recuperado a partir de: <http://www.umar.mx/revistas/6/daphnia.pdf>
11. Ortega A, Reyes H. Crecimiento de *Daphnia magna* Strauss alimentada con *Kirchneriella obesa* (W. West) W. West y G.S. West, y con levadura de pan. Revista Ciencia y mar [Internet]. 1998 (b) [citado 27 de agosto de 2015]; 2 (6): 7-12. Recuperado a partir de: <http://www.umar.mx/revistas/6/daphnia.pdf>
12. Oliveira DC, Campos MF, Santos C, Lima I, Marreira R, Arauco LR. Avaliação do crescimento populacional de *Daphnia magna*, alimentada com diferentes dietas. [Internet]. UFMA, 2010. [Citado 16 de setiembre de 2016]. Recuperado a partir de: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/62ra/resumos/resumos/3553.htm>
13. Torrentera L y Tacon AGJ. 1989. La Producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura, una diagnosis. FAO. Field Document, Project GCP/RLA/075/ITA. Brasília. Brasil. Recuperado a partir de: <http://www.fao.org/3/contents/36ec64d7-d6e7-52c3-8d43-dc199945d143/AB473S00.htm>
14. Mandujano S. Ecología de poblaciones aplicada al manejo de Fauna Silvestre: cuatro conceptos (N, λ , MSY, Pe). México. Vol. 3. 2011. pp 33. Recuperado a partir de: http://www.mastozoologiamexicana.org/books/Ecologia_poblaciones_aplicada_al_manejo_fauna_silv.pdf
15. Porto J. Vocabulario de términos [Internet]. 2008. Recuperado a partir de: <http://definicion.de/dieta/>
16. Lanteri A, Rodriquer M, Confalonieri V. Formas curiosas de reproducción animal: La Partenogénesis. CIENCIAHOY [Internet] 2010 octubre - noviembre. [Citado 12 de enero de 2016]. 20 (119): 15-22. Recuperado a partir de: <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/ln/hoy119/Partenogenesis.pdf>
17. Sociedad Mexicana de Planctología A.C. Que es el plancton [sede web]. México: Sociedad Mexicana de Planctología A.C.; [s.f.; acceso 10 de enero de 2016]. Disponible en: <http://sompac.org/que-es-el-plancton/>
18. Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología. Valor nutritivo de los alimentos [sede web]. Venezuela: Gobierno Bolivariano de Venezuela; [2008; acceso 15 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.rena.edu.ve/SegundaEtapa/ciencias/valornutritivo.html>
19. Gutiérrez EM. Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción. México 2014, pp. 309-315. Recuperado a partir de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/acuaticas-invasoras-cap18.pdf>
20. Zimmermann S, Jost HC. Recentes Avanços na Nutrição de Peixes: a Nutrição por Fases em Piscicultura Intensiva. In: Memórias de Simposio sobre manejo e Nutrição de Peixes; 1998, Piracicaba. Anais; Piracicaba - SP, 1998. p. 123-62.
21. Portella MC, Tasser MB, Jomori RK, Carneiro DJ. Substituição do Alimento Vivo na Larvicultura. In: Memórias de Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 2002, Goiânia –Go. Anais; Goiânia: ABRAQ, 2002.
22. Lavens P, Sorgeloos P. Introduction in: Manual on the production and use of life food for aquaculture. Fisheries Technical. Ghent, Belgium: FAO 1996.
23. Roldán G, Ramírez J. Fundamentos de limnología neotropical. 2da ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 2008.

24. Conde JM, Ramos E, Morales R. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. Rev. Ecosistemas [Internet]. 2004 [citado 3 de setiembre de 2015]; 13 (2): 23-29. Recuperado a partir de: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=8>
25. Forró L, Korovchinsky MM, Kotov AA, Petrusek A. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. Hydrobiologia [Internet]. 2008 [citado 10 de setiembre 2015]; 595: 177-184. Recuperado a partir de: <http://research.nhm.org/pdfs/27704/27704.pdf>
26. Fuentes JM, Zoppi E, Morón E, Gámez D, López C. Conocimiento de la fauna de cladóceros (crustáceo: branchiopoda) de la ciénaga grande de Santa Marta, Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost. [Internet]. 2012 [citado 15 setiembre 2015]; 41 (1): 121-164. Recuperado a partir de: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n1/v41n1a07>
27. Martínez LR, Martínez M, Cortés E. Camaronicultura Mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante?. Rev. Int. Contam. Amb. [Internet]. 2009 [citado 17 de setiembre de 2015], 25, 181-196. Recuperado a partir de: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/viewFile/21582/21596>
28. Martínez LR, Martínez M. Polyculture of Pacific White shrimp *Litopenaeus vannamei*, giant oyster, *Crassostrea gigas* and black clam, *Chione fluctifraga* in ponds in Sonora, México. Aquaculture [Internet]. 2006 [citado 17 de agosto de 2015]; 258:321-326. Recuperado a partir de: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/viewFile/21582/21596>
29. Martínez LR, Campaña A, Porchas MA. Promotion and controbution of biota in low wáter change ponds farming blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). Aquac Res. 2002; 33, 27-32.
30. Barber T. Trends in drying aquaculture feeds. Int Aquafeed. 2000, 3, 26-33
31. Martínez LR, Peña E. Biotic communities and feeding habits of *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) and *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1974) in monoculture and polyculture semi-intensive ponds. Aquac Res. 2005; 36: 1075-1084.
32. Cruz E. Kelp, un excelente aditivo attractante, aglutinante y texturizante, con propiedades inmunoestimulantes. Panorama Acuicola. 2001; 6: 42-45.
33. Argue BJ, Cody JJ, Arce SM, Forster IP, Moss SM, Tacon GJ. Shrimp breeding for low protein or vegetable-protein diets. Glob Aquacult Adv. 2001; 4:15-16.
34. Prieto MJ, Castaño F, Sierra J, Logato P, Botero J. Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos Revista MVZ Córdoba [Internet]. 2006 [28 de setiembre de 2015]; 11 (1): 30-36. Recuperado a partir de: <http://google.redalyc.org/articulo.oa?id=69309904>
35. Luis R, Martínez L, Martínez M, Antonio J, López E, Campaña A, et al. Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuicola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, 2010. pp. 668-699.
36. Anderson RK, Parker PL, Lawrence AL. A 13C/12C tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond grow-out system. J World Aquacult Soc., 1987; 18: 148-155.

37. Otoshi, CA, Montgomery AD, Look AM, Moss SM. Effects of diet and water source on the nursery production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. J World Aquacult Soc. 2001; 32: 243- 249.
38. Luna-Figueroa J. Alimento vivo en la dieta de peces (una alternativa nutritiva). Ciencia y Desarrollo. 2013. Recuperado a partir de: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/265/articulos/alimento-vivo-en-dieta-peces.html>
39. Castro T, De Lara R, Castro G, Castro J, Malpica A. Alimento vivo en la acuicultura. ContactoS [Internet]. 2003 [citado 1 de octubre de 2015]; 48: 27-33. Recuperado a partir de: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/acuicultura.pdf>
40. Tacon AGJ. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. FAO. Field Document, Project GCP/RLA/102/ITA. 1989. Brasilia. Brasil. Recuperado a partir de: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S00.htm#TOC>
41. Hirata H, Mavrikos A, Shigehisa Y. Evaluation of the use of *Brachionus plicatilis* and *Artemia nauplii* for rearing prawn *Penaeus japonicus* larvae on a laboratory scale. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 1985; 34(1): 27–36.
42. Ebert D. Ecología, Epidemiología y evolución del parasitismo en *Daphnia* [Internet]. 2005. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE.UU.), Centro Nacional de Información sobre Biotecnología. Recuperado a partir de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=Books>
43. Haney, JF et al. "An-Image-based Key to the Zooplankton of North America" version 5.0 released 2013. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology Recuperado a partir de: <http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/>
44. Sistema Integrado de Información Taxonómica en línea. En: <http://www.itis.gov>
45. Sanchez M. Alteraciones Fisiológicas como Consecuencia de la exposición a plaguicidas en sucesivas generaciones de *Daphnia magna*. Servei de Publicacions. 2006; 17-61.
46. Gariboti E, Cervellini P, Piccolo M. Microcrustáceos planctónicos y características limnológicas de dos lagunas pampeanas (Buenos Aires, Argentina). Limnetica. 2009; 1: 91-104.
47. Sobral O, Chastinet C, Nogueira A, Soares AMVM, Gonçalves F, Ribeiro R. In vitro development of partenogenetic eggs: a fast ecotoxicity test with *Daphnia magna*?. Ecotox. Environ Safety. 2001; 50: 174-179.
48. Tessier AJ, Henry LL, Goulden C, Durand MW. Starvation in *Daphnia*: Energy Reserves and Reproductive Allocation. Limnol. Oceanogr. 1983; 28: 667-676
49. Dawidowicz P, Loose CJ. Metabolic costs during predator-induced diel vertical migration of *Daphnia*. Limnol. Oceanogr. 1992; 37: 1589-1595.
50. Stibor H, Navarra DM. Constraints on the Plasticity of *Daphnia magna* Influenced by Fish-Kairomones. Funct. Ecol. 2000; 14: 455-459.
51. Thorp JH, Corvich AP. Cladocera and other Branchiopoda. En: Ecology and classification of northamerican freshwater invertebrates. Academic Press, Inc. 2da ed. 1991. 911 pp. Recuperado a partir de: http://www.academia.edu/3504373/Ecology_and_classification_of_North_American_Freshwater_Invertebrates
52. Bogut I, Adámek Z, Puskadija Z, Galovic D, Bodakos D. Nutritional value of planktonic cladoceran *Daphnia magna* for common carp (*Cyprinus carpio*) fry feeding. Ribarstvo. 2010; 68 (1), 1-10

53. Folch-Mallol, Garay-Arroyo, Lledías F, Covarrubias A: La respuesta a estrés en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Revista Latinoamericana de Microbiología. 2004; 46 (1-2).
54. Arias P. Análisis genómico de la integridad celular en *Saccharomyces cerevisiae*. [Tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Farmacia. Madrid – España; 2012.
55. Nobel JG, Klis FM, Priem J, Munnik T, Van EH. The glucanase-soluble mannoproteins limit cell wall porosity in *Saccharomyces cerevisiae*. Yeast. 1990; 6: 491-499.
56. Perdomo MC, Vargas J, Campos G. Valor nutritivo de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) y de sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación aviar. REDVET [Internet]. 2004 [citado 4 de octubre de 2015]; 12(3): 89-95. Recuperado a partir de: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008/101009.pdf>
57. Infoagro.com. El cultivo de la espinaca [internet]. Recuperado a partir de: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.html>
58. Fen.org.es. Espinacas [internet]. Recuperado a partir de: <http://www.fen.org.es/mercadofen/pdfs/espinacas.pdf>
59. Basic Report: 11457, Spinach, raw. United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Recuperado a partir de: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3167?fgcd=Vegetables+and+Vegetable+Products&manu=&facet=&format=&count=&max=35&offset=350&sort=&qlookup=>
60. Pennak R. Fresh-water invertebrates of the United States. 3ra ed. Canada: John Wiley & Sons, Inc; 1989.
61. CIID. Manual de Procedimiento para la ejecución de bioensayos de toxicidad en el agua. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Montevideo – Uruguay. 1998. Recuperado a partir de: <http://www.idrc.ca/lacro/bioensayos/manual.html>
62. Ferrao-Filho A, Fileto C, Arcifa M. Effects of essential fatty acids and N and P-limited algae on the growth of tropical cladocerans Freshwater Biology (2003) 48, 759–767. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/227668552_Effects_of_essential_fatty_acids_and_N_and_P_limited_algae_on_the_growth_of_tropical_cladocerans
63. Boersma M. The nutritional quality of P-limited algae for *Daphnia*. Limnology and Oceanography, (2000) 45, 1157–1161. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/27280889_The_nutritional_quality_of_P-limited_algae_for_Daphnia?el=1_x_8&enrichId=rgreq-0c0b165be29eef2216487ca01e5ae410-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzlyNzY2ODU1MjtBUzo5OTE1ODQ5Mjk3NTEyNkAxNDAwNjUyNjM1NjE3
64. Peña F, Nandinia S, Sarma SSS. Differences in population growth of rotifers and cladocerans raised on algal diets supplemented with yeast. Limnológica [Internet]. 2005 [citado 18 de octubre de 2015]; 35:298-303. Recuperado a partir de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0075951105000642>
65. Jiménez D, Rosas J, Velásquez A, Millán J, Cabrera T. Crecimiento poblacional y algunos aspectos biológicos del cladocero *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Branchiopoda, Anomopoda), alimentado con tres dietas en tres salinidades diferentes. Ciencia [Internet]. 2003 [citado 20 de octubre de 2015]; 11:22-30. Recuperado a partir de:

- [http://www.researchgate.net/publication/27297990_Crecimiento_poblacional_y_algunos_aspectos_biolgicos_del_cladocero_Moina_macrocopa_\(Straus_1820\)_\(Branchiopoda_Anomopoda\)_alimentado_con_tres_dietas_en_tres_salinidades_diferentes](http://www.researchgate.net/publication/27297990_Crecimiento_poblacional_y_algunos_aspectos_biolgicos_del_cladocero_Moina_macrocopa_(Straus_1820)_(Branchiopoda_Anomopoda)_alimentado_con_tres_dietas_en_tres_salinidades_diferentes)
66. Choueri R, Melão MDG, Vieira A. Effects of cyanobacterium exopolysaccharides on life-history of *Ceriodaphnia cornuta* SARS. Journal of Plankton Research [Internet]. 2007. [citado 4 de noviembre de 2016]; 29(4): 339-345. Recuperado a partir de:
<https://academic.oup.com/plankt/article/29/4/339/1666952/Effects-of-cyanobacterium-exopolysaccharides-on>
 67. Núñez M, Hurtado J. Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladóceras, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado. Rev. Perú. Biol [Internet]; 2005 [citado 1 de setiembre de 2015]; 12(1): 165-170. Recuperado a partir de:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v12n1/v12n1a18.pdf>
 68. Cox EJ, Naylor C, Bradley MC, Calow, P. Effect of differing maternal ration on adult fecundity and offspring size in laboratory cultures of *Daphnia magna* Straus for ecotoxicological testing. Aquat. Toxicol. 1992; 24 (1-2): 63-74
 69. Fileto C, Arcifa M, Ferrão A, Silva L. Influence of phytoplankton fractions on growth and reproduction of tropical cladocerans. Aquatic. Ecology [Internet]. 2004 [citado 8 de octubre de 2015]; 38:503-514. Recuperado a partir de:
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10452-004-4087-x#/page/1>
 70. Montealegre D. Historia de vida de *Moinodaphnia macleayii* (King), (Crustácea: Cladóceras) en condiciones de laboratorio. Tesis Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá Colombia. 1996; 136p.
 71. Dendrinis P, Dewan, S, Torpe JP. Improvement in the feeding efficiency of larval, post larval and juvenile Dover sole (*Solea solea* L.) by the use of staining to improve the visibility of *Artemia* used as food. Aquaculture [Internet]. 1984 [citado 24 de octubre de 2015]; 38: 137–144. Recuperado a partir de:
[http://www.researchgate.net/publication/222205968_Improvement_in_the_feeding_efficiency_of_larval_and_juvenile_Dover_sole_\(Solea_solea_L.\)_by_the_use_of_staining_to_improve_the_visibility_of_Artemia_used_as_food](http://www.researchgate.net/publication/222205968_Improvement_in_the_feeding_efficiency_of_larval_and_juvenile_Dover_sole_(Solea_solea_L.)_by_the_use_of_staining_to_improve_the_visibility_of_Artemia_used_as_food)
 72. Feniova IY, Palash AL, Razlutskiy VI, Dzialowski AR. Effects of temperature and resource abundance on small-and large-bodied cladocerans: Community stability and species replacement. Open Journal of Ecology [Internet]. 2013 [citado 24 de octubre de 2015]; 3(2): 164-171. Recuperado a partir de:
<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=31308>
 73. Otero A, Muñoz M, Medina V, Cruz P. Efecto del alimento sobre variables productivas de dos especies de Cladóceros bajo condiciones de laboratorio. Rev. MVZ Córdoba [Internet]. 2013 [citado 14 de octubre de 2015]; 18:3642-3647. Recuperado a partir de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v18s1/v18supla07.pdf>

ANEXOS

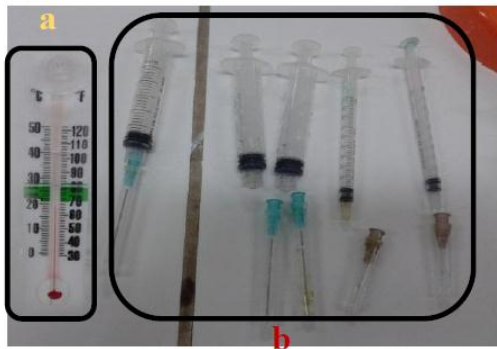
ANEXO 1. Fotografías de los materiales utilizados en el experimento.



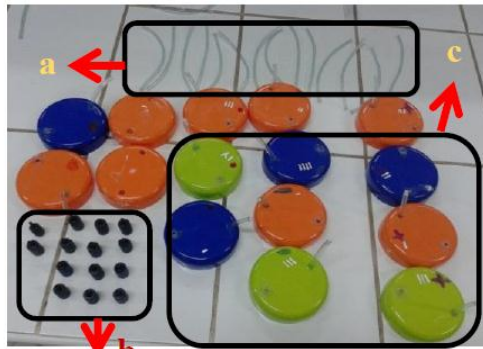
Fotografía 1. Frascos de vidrio utilizados para el cultivo de *Daphnia magna*.



Fotografía 2. Acuario, utilizado para el cultivo de *Daphnia magna*.



Fotografía 3. a) Termómetro, utilizado para medir la temperatura del agua y b) jeringas, utilizados para la alimentación respectivamente.

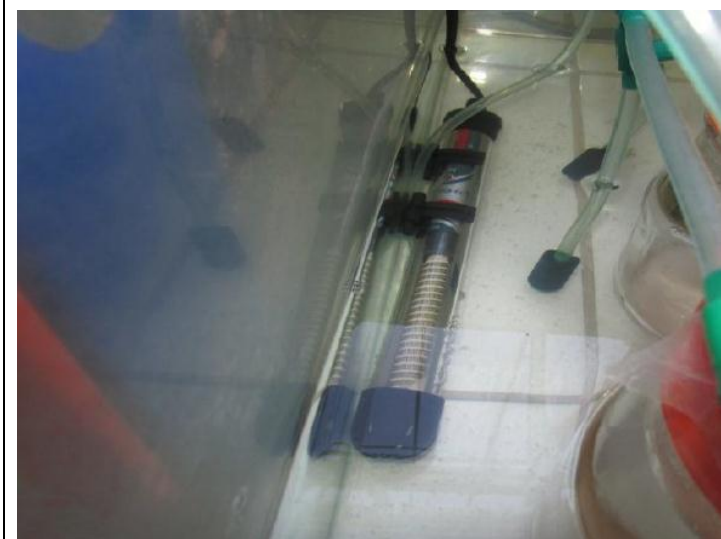


Fotografía 4. a) Tubos de silicona para el transporte de aire, b) Piedras difusoras de aire y c) Tapas de los frascos de vidrio utilizados para evitar contaminación.

ANEXO 2. Fotografías de los equipos utilizados en el experimento.



Fotografía 5. Compresora de aire, utilizado para generar aire.



Fotografía 6. Termostato, utilizado para mantener la temperatura constante del agua del acuario.

ANEXO 3. Unidades experimentales.



Fotografía 7. Unidades experimentales instaladas en el acuario.

ANEXO 4. Fotografías de frascos de vidrio conteniendo organismos de *Daphnia magna* al finalizar el experimento.

	Fotografía 8. Frasco de vidrio conteniendo organismos de <i>Daphnia magna</i> al finalizar el experimento con el tratamiento 1 (Levadura activada).
	Fotografía 9. Frasco de vidrio conteniendo organismos de <i>Daphnia magna</i> al finalizar el experimento con el tratamiento 2 (extracto de espina).
	Fotografía 10. Frascos de vidrio conteniendo organismos de <i>Daphnia magna</i> al finalizar el experimento con el tratamiento 3 (Levadura activada más extracto de espinaca).

ANEXO 5. Clave taxonómica para cladóceros de Pennak.⁶⁰

CLADOCERA

367

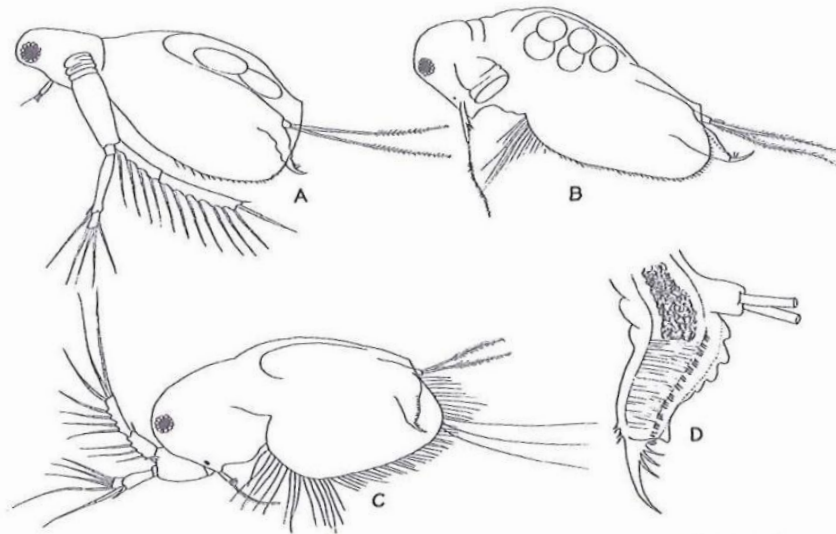


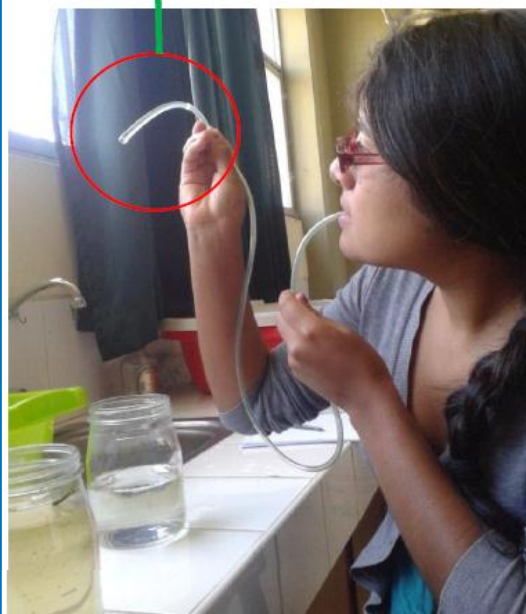
FIG. 255.—Structure of Sididae. A, *Diaphanosoma brachyurum*, $\times 45$; B, *Pseudosida bidentata*, $\times 27$; C, *Latonopsis occidentalis*, $\times 22$; D, *L. fasciculata*. (A modified from Lilljeborg; B modified from Birge, 1910; C and D modified from Ward and Whipple, 1918.)

16. Without a cervical sinus *Daphnia*, 17
 With a cervical sinus (Figs. 259B–D) 31
17. Carapace extends anteriorly along middorsal line as a broad strip between halves of head shield (Fig. 257H); thick-bodied; up to 5 mm long; scattered distribution in western half of the United States 18
 Median line of head shield continues along middorsal line onto carapace; marked lateral compression; up to 3 mm long, usually less than 2 mm long 19
18. Margin of postabdomen sinuate (Figs. 257E); up to 5 mm long; usually in ponds containing much suspended organic matter *Daphnia magna* Straus
 Margin of postabdomen not sinuate; up to 3 mm long; usually in temporary, saline, or alkaline ponds *Daphnia similis* Claus
19. Teeth of proximal and middle pectens of postabdominal claw larger than teeth of distal pecten (Figs. 258G, H, K) 20
 Teeth of all three pectens of claw about the same size (Fig. 258J) 25
20. Teeth of middle pecten of postabdominal claw stout, the largest at least three times as long as teeth of distal pecten (Figs. 258G, K); ocellus present 21
 Teeth of middle pecten of postabdominal claw not more than twice as long as teeth of distal pecten (Fig. 258H); ocellus absent 24
21. Ventral margin of head concave; optic vesicle touching margin of head (Figs. 256B–E) 22
 Ventral margin of head sinuate or more or less straight; optic vesicle not touching margin of head 23
22. Head longest over optic vesicle; ventral margin of head separated from anterior margin of valves by a prominent gap (Fig. 256E); dorsal part of head usually dark brownish; up to 3 mm long; ponds and lakes; Texas to Montana and westward; easily confused and sometimes hybridized(?) with *D. pulex*; perhaps a variety of *D. pulex*; not common *Daphnia middendorffiana* Fischer
 Head longest near midline; ventral part of head close to anterior margin of valves (Figs. 256B–D); entire body occasionally brownish, but head alone never dark brown; up to 2.5 mm long; extremely common and generally distributed in lakes and ponds; a variable species; easily confused and sometimes hybridized(?) with *D. middendorffiana* *Daphnia pulex* Leydig

ANEXO 6. Fotografías de la tesista realizando el conteo de cladóceros y traspasando los mismos a un frasco limpio.



Fotografía 11. Manguera de silicona conteniendo organismos de *Daphnia*



Fotografía 12. Tesista observando el tubo de silicona que contiene organismos de *Daphnia magna* para realizar el recuento directo.



Fotografía 13. Tesista realizando el traspaso de los organismos de *Daphnia magna* a un frasco de vidrio que contiene el 50% de agua declorada limpia.



Fotografía 13. Frascos de vidrio conteniendo organismos de *Daphnia magna*. En el lado izquierdo se muestra el frasco con medio de cultivo, mientras en el lado izquierdo el frasco de vidrio con 50% de agua declorada limpia el cual servirá para el recambio del medio de cultivo.



ANEXO 7. Resultados del análisis de varianza de los tratamientos (dietas).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	7053038.1	2	3526519.05	14.674	0.0031
Dentro de los grupos	1682214	7	240316.2857		
Total	8735252.1	9			

ANEXO 8. Resultados de la prueba de Tukey para la comparación de diferencia entre las medias de los distintos tratamientos.

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación [*]
Espinaca	4	2514	A
Espinaca y levadura	4	1931.3	A
Levadura	4	226.5	B

^{*}Letras iguales en la columna, no son diferentes estadísticamente.

ANEXO 9. Matriz de consistencia.

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
Crecimiento poblacional de <i>Daphnia magna</i> “pulga de agua” en cultivo experimental alimentado con levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y jugo de <i>Spinacia oleracea</i> “espinaca”.	¿Variará el crecimiento poblacional de <i>Daphnia magna</i> , “pulga de agua”, al usar dietas individuales de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , “levadura”; jugo de <i>Spinacia oleracea</i> , “espinaca”; y dieta mixta?	General Evaluar el efecto de la alimentación con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “levadura” y jugo de <i>Spinacia oleracea</i> “espinaca” en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de <i>Daphnia magna</i> “pulga de agua”, en bioensayos. Específico - Determinar el efecto de la alimentación con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> “levadura” en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de <i>Daphnia magna</i> “pulga de agua”. - Determinar el efecto de la alimentación jugo de <i>Spinacia oleracea</i> “espinaca” en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de <i>Daphnia magna</i> “pulga de agua”. - Determinar el efecto de la alimentación que consiste en mezcla de levadura “<i>Saccharomyces cerevisiae</i>” más jugo de espinaca “<i>Spinacia oleracea</i>”, en proporción 50:50, en el crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de <i>Daphnia magna</i> “pulga de agua”.	- Antecedentes. - Zooplancton de agua dulce. - Los cladóceros y su importancia - La importancia del alimento vivo en la acuicultura - Cultivo de alimento vivo. - El género <i>Daphnia</i> y sus características. - <i>Daphnia magna</i>. - Levadura: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>. - Espinaca: <i>Spinacia oleracea</i>.	• Variable independiente Tipo de dieta: - Solo levadura, “<i>Saccharomyces cerevisiae</i>”. - Solo jugo de espinaca, “<i>Spinacia oleracea</i>”. - Levadura más jugo de espinaca Indicadores: -Concentración de levadura a 0.002 g/L -Volumen de las dietas (1mL) • Variable dependiente - Crecimiento poblacional de cultivo de <i>Daphnia magna</i>. - Tasa de crecimiento <i>Daphnia magna</i>. Indicadores: Número promedio de organismos en cada periodo evaluado para cada tratamiento.	Tipo y nivel de investigación Experimental - Correlacional Diseño Diseño completamente al azar con 3 tratamientos y cuatro repeticiones. Población Organismos de la especie <i>Daphnia magna</i>, adquiridas de una agencia de ventas las que fueron aclimatadas en el laboratorio de Ecología y Calidad Ambiental. Muestra 120 especímenes de <i>Daphnia magna</i> de los cultivos experimentales del laboratorio de Ecología y Calidad Ambiental Metodología - Lugar de ejecución - Ubicación política - Muestra - Metodología y recolección de datos - Obtención e identificación de <i>Daphnia magna</i> -Obtención de cepas de <i>Daphnia magna</i> - Diseño experimental - Unidades experimentales - Alimentación de los organismos de las unidades experimentales -Condiciones de crecimiento. -Limpieza y mantenimiento de las unidades experimentales. - Evaluación del efecto de la alimentación. - Análisis estadístico.