



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Informe final del servicio social

Acuacultura de especies de tilapia

Alumno: **Luna Medrano Carlos Antonio**

Asesor interno

Dra. Martha Rodríguez Gutiérrez
Universidad Autónoma Metropolitana-X

Asesor externo

Biól. Arturo Castañeda Castillo
Centro Acuícola de Zacatepec, Morelos

Fecha de inicio: 7 de junio del 2022

Fecha de conclusión: 9 de diciembre del 2022

Centro Acuícola Zacatepec (CAZ)



Imagen de la revista de piscicultura, PISIS, del año de 1976, que aborda aspectos más relevantes de los centros piscícolas, uno de ellos, el centro acuícola Zacatepec, Morelos.

Contenido

Introducción	3
Marco teórico	3
2.- ¿Qué es la acuicultura?.....	3
2.1.- La acuicultura en México	3
2.2.- Cultivo de tilapia	4
2.3. - Acuicultura en el Centro Acuícola Zacatepec.....	4
3.- Descripción de la especie.....	5
3.1.-Características generales de la especie	5
3.2.- Reproducción	5
4.- Reversión sexual	6
5.- Calidad del agua	6
Objetivos	7
6. Objetivo general	7
6.1.- Objetivos específicos	7
Metodología	7
7.- Reversión sexual	7
8.-Alimentación de crías	8
9.- Recambio de agua	9
10.- Parámetros fisicoquímicos	9
11.-Selección de reproductores	9
12.- Datos morfológicos.....	9
13.- Diferenciación de tallas entre sexos.....	10
14.- Desinfección de los estanques.....	10
15.- Identificación de enfermedades	10
16.- Análisis de datos.....	10
Resultados	10
Discusión	14
Conclusión	16
Literatura citada	16
Anexos	17

Introducción

La acuicultura es una de las actividades de mayor crecimiento en el mundo y consiste en la producción de organismos acuáticos en condiciones controladas. Uno de los grupos de mayor interés para el cultivo ha sido la tilapia, principalmente la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), esto debido a su rápido crecimiento, reproducción, adaptación y fácil manejo, por lo que se introdujo al país para el desarrollo económico del mismo. En la actualidad el cultivo de tilapia está muy extendida en el país, por lo que se requiere de la transferencia de semillas de alta calidad, donde el Centro Acuícola Zacatepec (CAZ) es de vital importancia en la producción de estas, tanto hormonada como heterosexuales. La engorda de tilapia hormonada (machos) es una actividad que actualmente es muy utilizada, ya que en comparación con las hembras estos tienen características más favorables (Mayor crecimiento y no produce crías que descontrolen la población) para el comercio, lo que representa un mayor ingreso para los productores. Por lo anterior, el objetivo es producir cría de tilapia de la más alta calidad.

Marco teórico

2.- ¿Qué es la acuicultura?

Es la técnica que permite aumentar la producción de animales y plantas acuáticas para aprovechamiento del hombre, por medio del control de los organismos y de su medio ambiente. Existen varios tipos de acuicultura dependiendo de los objetivos deseados, como puede ser la crianza de juveniles para soltarlos en agua dulce o mar y después capturarlos cuando alcanzan una talla comercial. Otro tipo de acuicultura es la captura de juveniles para criarlos en cautiverio hasta lograr tallas comerciales, también existe la técnica de recoger los huevecillos silvestres para posteriormente criar a los alevines hasta que logran talla comercial. Uno de los métodos más sofisticados y que es el que se realiza en el CAZ, es en el que se tiene control del ciclo de vida del pez, solo que la participación del CAZ es en las primeras etapas (eclosión del huevo, alevín y cría), esto en estanques o corrales, para posteriormente venderlas ya sea para engorde o repoblación, donde continuarán su ciclo (Idyll, 1974).

2.1.- La acuicultura en México

Cuando se habla de actividades de acuicultura o relacionados a ella en México se puede remontar a la época prehispánica, ya que desde ese entonces en la que fuera la gran Tenochtitlan se cultivaban ciertas especies de aterínidos de forma rudimentaria, desafortunadamente esta actividad fue interrumpida con la llegada de los españoles. No fue sino hasta que Esteban Chazári escribe el libro de Tratado de piscicultura de agua dulce, en donde se revive esta actividad en nuestro país (Arredondo y Juárez, 1986).

Posteriormente a finales del siglo XIX, debido al crecimiento de la población se decide invertir en la acuicultura y ya en el siglo XX, a mediados de los años 20's

crece el interés en este sector, por lo que el gobierno invierte fondos para la creación de algunos centros acuícolas y de políticas que beneficiaran el crecimiento de esta actividad, y con ello, la otorgación de concesiones para la explotación de especies acuícolas cultivables, para principios de los 80's el país contaba ya con 52 centros acuícolas los cuales fueron diseñados para la producción de semillas, post-larvas y juveniles de organismos marinos y de aguas salobres (Vázquez y Chávez 2022).

Para la década de los 90's el cambio de políticas permitió que el cultivo del camarón fuera el más desarrollado y el de mayor crecimiento, y con ello el de mayor producción en el país. Actualmente la actividad acuícola es la de mayor crecimiento; aunque aún sigue en desarrollo, y que al igual, es el que menos impactos ambientales provoca, por lo que es una actividad impulsada principalmente por el sector privado y también por el público, además de ser prioritaria en el país con lo que se pretende ser autosuficiente, tener seguridad alimentaria y terminar con la pobreza, que está prevista en el Plan Nacional de Desarrollo (Vázquez y Chávez, 2022).

2.2.- Cultivo de tilapia

El cultivo de truchas donde la semilla era importada de los Estados Unidos dio paso para la importación de semillas de otras especies, entre ellas el de la tilapia (Vázquez y Chávez 2022), con lo que en el año 1964 se hace la primera importación de varias especies de tilapia; *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus*, y *Oreochromis aureus*, provenientes de la Universidad de Auburn en Alabama, Estados Unidos, a cargo del gobierno de México, llegaron al centro acuícola el Temascal, Oaxaca, para fomentar su cultivo y con ello se da comienzo a la investigación y desarrollo de este grupo de organismos para su aprovechamiento que parecía más viable que otras especies de mojarra, entre ellas la mojarra de agallas Oreja azules (*Lepomis macrochirus*) (Morales, 1974).

2.3. - Acuicultura en el Centro Acuícola Zacatepec

El CAZ desde su fundación en 1952 fue creado con fines de reproducción y cultivo, aunque no siempre de tilapia, donde se han tenido también algunas especies de carpas, peces de ornato y ha sido clave en el inicio de la producción de dichos peces en el estado de Morelos (González, 1978), langostinos que solo se mantuvieron por un breve periodo de tiempo, sin embargo, estos no se cultivaban sino, que se traían para aclimatación y venta, y al igual se cultivaron otras especies (Castañeda, 2002).

A principios de los años 80's es cuando se empieza a reproducir y cultivar casi en su totalidad especies de tilapia y es hasta finales de los 90's que el centro se dedica al cien por ciento a su producción con la eliminación de los langostinos.

La técnica de reversión sexual utilizando hormonación o reversión sexual en peces, si bien se empieza en los años 30's en diferentes partes del mundo (Hurtado, 2005) es hasta principios de los años 2000 cuando se introduce esta técnica en nuestro país, en donde el CAZ es uno de los primeros en introducir esta técnica o sino el primero.

3.- Descripción de la especie

Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 (Tilapia del Nilo)

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es una especie nativa de África, perteneciente a la familia de los *Cichlidae*, que, por su gran capacidad de adaptación, reproducción y sobrevivencia, además de su resistencia y fácil manejo, ha sido utilizada para el cultivo. También es una especie que por su alto valor proteico; en comparación con otros grupos de organismos (aves, res y cerdo) utilizados para el consumo humano, y bajo colesterol, posicionan a esta especie y otras más de tilapia como una alternativa de recurso proteico para el desarrollo comercial (CONAPESCA 2007).

3.1.-Características generales de la especie

El cuerpo esta comprimido, presenta escamas cicloideas con coloración en el dorso grisáceo y rosado a los lados, con barras verticales oscuras en la aleta caudal, presenta dimorfismo sexual, la hembra es más pequeña que el macho (aleta caudal en punta) y en época reproductiva el color de las aletas se torna rojizo; además, los orificios urogenitales entre la hembra y el macho están bien diferenciados (figura 1), mientras que en las hembras es un orificio perpendicular al eje del cuerpo (figura 1B) en los machos es un punto pequeño que forma un pico (figura 1A). Otro aspecto importante diferenciador es que los machos solo tienen dos orificios; el urogenital y el ano, mientras que la hembra tiene tres; el urogenital, urinario y ano (Saavedra, 2006).

La aleta dorsal tiene 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 radios (AD= 11-15 XVI- XVII). La longitud, peso y edad máxima respectivamente reportadas son 60 cm largo estándar, 4.3 kg y nueve años. Es omnívoro, incluyendo fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna bentónica y detritus en su dieta. Es oportunista y puede llegar a ser de hábitos carnívoros, alimentándose de zooplancton, larvas de insectos u otros peces; también puede ser detritívora. (CONABIO, 2014; FAO 2009).

3.2.- Reproducción

El grupo de especies de tilapia tienen una madurez sexual temprana, la especie como la *O. niloticus* madura entre los 30 a 40 gr. o entre los primeros 3 a 4 meses, aunque en cautiverio lo alcanza hasta los 5 o 6 meses. Para que se dé la reproducción y puesta la temperatura debe ser favorable entre los 24 a 32° C y en cada puesta puede poner 1 a 2 huevos por gramo de peso (Hurtado, 2005, FAO, 2009).

La reproducción se da cuando el macho crea nidos cóncavos en el fondo del estanque que posteriormente es visitado por la hembra, donde, después del cortejo que provoca la excitación, la hembra desova en el nido y el macho simultáneamente los fertiliza. Posteriormente la hembra recoge los huevos con la boca ya fertilizados y se retira. La incubación puede durar de 10 a 15 días, dependiendo de la

temperatura, un punto importante es que la hembra no se alimenta durante la incubación. El macho por su parte fertiliza a los huevos de otras hembras (Hurtado, 2005, FAO, 2009).

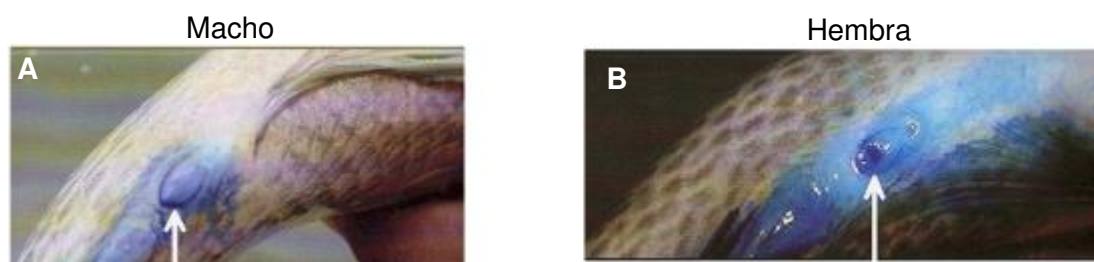


Fig. 1. Diferencia externa entre sexos. (Saavedra, 2006).

4.- Reversión sexual

Debido a que las hebras están produciendo constantemente gametos para el desove hay un mayor gasto de energía que se utiliza para esta actividad, los machos por otro lado destinan la mayor parte de su energía extraída del alimento al crecimiento, por lo que el crecimiento entre sexos es diferenciado (Chakraborty & Banerjee, 2010; citado en Alvarado 2015, FAO 2009). Aparte existen otras desventajas como por ejemplo el constante desove, en donde las crías utilizan el alimento que es destinado a los organismos para engorda y esto es perjudicial por que disminuye el consumo por parte de los organismos de interés comercial (Alvarado 2015).

En los peces, como en la mayoría de los cordados, la determinación sexual ya está definida desde que se hace la fecundación, mediante la información del genoma, en los teleósteos la diferenciación se puede revertir durante los primeros días en que el pez se empieza a alimentar (Huber y Castro, 2009), el alevín de tilapia inician su alimentación más o menos a los 3 días después de haber absorbido todo su saco vitelino, en ese momento aún no han desarrollado sus gónadas (testículos y ovarios) entonces el proceso de reversión sexual consiste en actuar en ese momento, la idea es que los alevines se formen como machos, para hacer eso al alimento concentrado que viene pulverizado se le mezcla con hormona masculina: 17alfa-metiltestosterona, y se alimentan durante el primer mes de vida (Obregón, 2005).

5.- Calidad del agua

Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo de la tilapia es entre 24° y 32° C. Si la temperatura disminuye a 15° C, el pez deja de comer y a temperaturas menores de 12° C, existe peligro de muerte. Es importante mantener la estabilidad de la temperatura, ya que, ante cambios repentinos de 5° C, el pez se estresa y puede morir. Aunque es un pez de agua caliente, la temperatura no debe exceder los 30° C, ya que consume más oxígeno. Las temperaturas letales se ubican entre 10- 11° C (Saavedra, 2006).

Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno en el agua debe de estar en los 5 mg/l, en un concentración menor el organismo empieza a disminuir su consumo de alimento y el metabolismo baja, aunque puede llegar a tolerar concentraciones de hasta 1 mg/l. Un factor que causa considerables variaciones en los niveles de oxígeno en el agua es el estado del tiempo y particularmente si el tiempo está nublado. La luz solar y el plancton, a través del proceso de fotosíntesis, son responsables de gran parte del oxígeno producido. Por lo tanto, cuando se dan condiciones de baja luminosidad y se restringe el proceso de fotosíntesis se dan problemas con niveles críticos de oxígeno (Saavedra, 2006).

pH

Lo más óptimo es que se encuentre con un pH neutro (7), pero al igual que con el oxígeno disuelto puede tener rangos de tolerancia más amplios, por ejemplo, puede soportar pH de 5 (ácido) y de 11 (alcalino) (Saavedra, 2006).

Turbidez

La turbidez es un aspecto importante ya que nos indica que tanta materia suspendida se encuentra en los estanques, esta puede ser tanto organismos vivos o muertos, materia orgánica, heces, tierra, etc. Se recomienda que la turbidez se encuentre a unos 30 cm aunque en etapa de crianza lo óptimo es que sea de cero, ya que lo que se intenta es que el organismo consuma la menor cantidad de alimento natural (Saavedra, 2006).

Objetivos

6. Objetivo general

Satisfacer la demanda de cría de tilapia hormonada y heterosexual a los productores tanto local como municipal, bajo los estándares de calidad y sanidad acuícola.

6.1.- Objetivos específicos

- Mantener los medios de cultivo en las mejores condiciones sanitarias, que permitan prevenir el desarrollo de patógenos.
- Criar organismos de la más alta calidad.

Metodología

7.- Reversión sexual

Consiste en que se transforma a las crías que genéticamente son hembras a machos funcionales. A continuación, se describe el método utilizado.

El proceso inicia cuando sincronizamos a los machos y las hembras, donde se hace un cortejo para la excitación y expulsión de los gametos y fertilización externa (Fig. 2).



Fig. 2. Diagrama de reproducción en Tilapia.

La incubación, eclosión y absorción del saco vitelino se realiza en la boca de la hembra que es una característica del género *Oreochromis*. En el caso del CAZ se realiza en estanques rectangulares de cemento (Fig. 3).

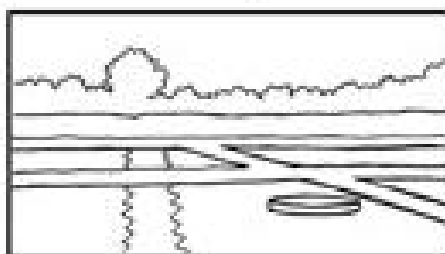


Fig. 3. Estanques de concreto donde se realiza la reversión sexual en el CAZ.

Cuando absorbe el saco vitelino el organismo se convierte en cría, que se colectan con una red desde un lado del estanque. Se selecciona a las crías menores a 14 mm las cuales son seleccionadas al pasar una malla de nylon 3.2 mm de luz.

Se inicia la alimentación con la hormona 17alfa-metiltestosterona en un periodo de 21 a 28 días para la reversión sexual (Fig. 4) (FAO, 2009).



Fig. 4. Crías de 14 mm, talla para que sea eficiente la reversión sexual.

8.-Alimentación de crías

El cálculo del alimento hormonado se realiza de la siguiente manera:

Primero se determina el número de crías que van a ser tratadas, después se saca el peso promedio de las crías que en este caso es una constante; ya que gracias a trabajos realizados previamente en el CAZ se conoce cuanto pesa la cría en promedio en cada semana de tratamiento, también, se sacan datos de la biomasa que se calcula multiplicando el número de crías por su peso promedio, al igual, el porcentaje de alimento requerido por peso de cría es una constante porque de la misma forma que el peso promedio se ha encontrado con trabajos realizados con anterioridad. El alimento hormonado se ajusta cada semana ya que hay pérdidas de cría por depredación, inanición, etc. y de esta forma se determina el alimento necesario para la reversión sexual.

9.- Recambio de agua

Para calcular el recambio de agua se llenó una cubeta por un minuto, con el que se media los litros acumulados y con ello se estimaba el porcentaje que se había sustituido de agua. La siguiente fórmula calcula el porcentaje de recambio de agua:

Litros/min. x hora

Litros/hrs. x día (24hrs) M³

Litros/día / volumen de estanque = % de recambio de agua

10.- Parámetros fisicoquímicos

La medición temperatura y oxígeno disuelto se realizó con un oxímetro de la marca Hanna, el pH con barras indicadoras y la turbidez con un disco de Secchi.

11.-Selección de reproductores

Los reproductores son obtenidos a partir de una selección meticulosa, es decir, se buscan a los organismos con las mejores características (que tenga una forma redonda no alargada, sin malformaciones, buena talla y color) entre el acervo para sembrarlos y que se reproduzcan para poder así obtener cría de la mejor calidad.

Los reproductores se mantienen separados y cuando están listos para la reproducción se sincronizan con una relación 3:1 machos y hembras respectivamente, esto quiere decir que hay 200 reproductores por estanque. Al igual, la edad en la que se induce la reproducción es al año o año y medio con un peso de 350 a 700 gr. y una talla de 25 a 35 cm.

12.- Datos morfológicos

Con una red se colectaron a los reproductores (20 hembras y 10 machos) para la toma de datos morfológicos tales como Longitud total (LT), Longitud patrón (LP), altura (A), que se determinaron con un ictiómetro; y, peso (P), que se calculó con una pesa industrial en donde se colocó un recipiente con 20 litros de agua (destarado), posteriormente, se colocaron a los reproductores y se volvió a pesar, el peso promedio obtenido se calculó con peso inicial (sin reproductores) menos el peso final (con reproductores) entre el número de reproductores (Anexo 3).

13.- Diferenciación de tallas entre sexos

Para demostrar que tan ligeras son las hembras con respecto a los machos calcula relación hembra-macho con la siguiente formula, propuesta por Alvarado, 2015.

$$M-H/M = [(peso promedio macho - peso promedio hembra / peso promedio macho)] \times 100$$

M= macho

H= hembra

Esto se representa en porcentaje (%)

14.- Desinfección de los estanques

La desinfección se realizó constantemente, entre los ciclos de cultivo, con bombas industriales, que con la presión permitieran la remoción del sedimento, al igual, se removió y lavaron los filtros de la entrada del agua de los estanques. Cada que se realizaba el lavado se aplicaba hidróxido de calcio industrial, como desinfectante, que permitiera que el calcio sedimente a los patógenos que puedan estar flotando, al igual, se aplicó, sal de uso industrial para que cauterizara las heridas generadas por el manejo.

15.- Identificación de enfermedades

La identificación se realizó por medio de la signología, principalmente por comportamientos erráticos, por ejemplo, un nado horizontal y falta de apetito, también por cambios en la coloración de la epidermis y en branquias, al igual, si presentaban acumulaciones blanquecinas. Los organismos con estas características eran apartados de las demás para evitar cualquier propagación de una posible enfermedad.

16.- Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el programa Excel, 2010 con el que se hizo un análisis estadístico descriptivo, para marcar tendencias de las tallas entre sexos. Para ver si las medias entre sexo son estadísticamente diferentes se realizó la prueba de F de dos muestras, con un intervalo de confianza al 95%.

Resultados

Los resultados con respecto a comparación de tallas, se muestra en la figura 5 en que se marca una tendencia, donde las hembras tienen un menor peso, longitud total y altura que los machos, además, de acuerdo con la fórmula propuesta por Alvarado, 2015, determina que los machos son 42% más grandes que las hembras (Anexo 1).

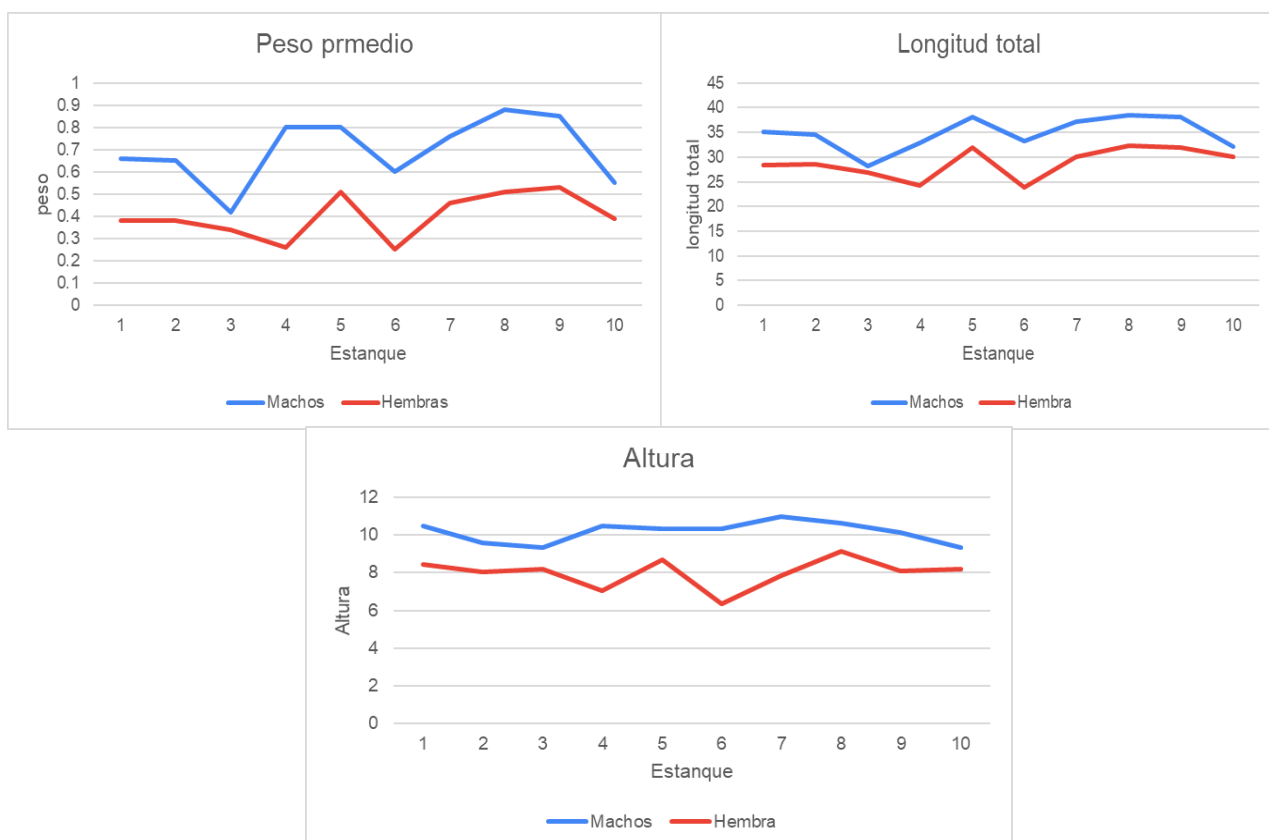


Figura 5. Diferencias entre las tallas entre hembras y machos. Los datos están por estanque y por promedios.

La prueba de medias (tabla 1), demostró que no existen diferencias significativas entre las hembras y los machos en lo que respecta a la altura y el peso promedio, por otro lado, la longitud total si mostro diferencias significativas.

Tabla 1. Comparación de las medias de LT, A y Peso.

Prueba F para varianzas de dos muestras						
	Longitud Total		Altura		Peso promedio	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Media	34.7920792	28.8157635	10.1881188	8.00492611	0.697	0.401
Varianza	19.4713366	17.2444037	2.31925743	1.39106472	0.02149	0.01014333
Observaciones	101	203	101	203	10	10
Grados de libertad	100	202	100	202	9	9
F	1.12913945		1.66725343		2.11863293	
P(F<=f) una cola	0.23414205		0.00117429		0.13934678	
Valor crítico para F (una cola)	1.31990924		1.31990924		3.1788931	

LT; longitud total, A; Altura

El número de crías revertidas se muestra en la tabla 2. Como se observa el número de crías que inicia el tratamiento disminuye un 23.05% al final del tratamiento.

Tabla 2. Control de alimento hormonado realizado en el CAZ

Estanque: 22A				Sexo: Monosexo (hormonación)			
Fecha de inicio	No. Alevines	Peso Prom. Alevin (g)	Biomasa (g)	Porcentaje %	Alimento diario (g)	Alimento semanal	Alimento Racion (g)
12 oct -18 oct	50000	0.018	900	60	540	3780	108
19 oct-25 oct	45000	0.025	1125	40	450	3150	90
26 oct-1 nov	40500	0.038	1539	20	308	2154.6	61.56
2 nov- 8 nov	38475	0.14	5386.5	10	539	3770.55	107.73

Crías obtenidas

La tabla 3 muestra el número de huevos y crías obtenidas en un periodo de reproducción (la reproducción se da cada dos semanas en condiciones óptimas) por cada estanque, el número de huevos difiere por estanque, ya que las hembras tienen pesos diferentes y las crías obtenidas son bajo el supuesto de que se logran el 50% de los huevos. Las crías destinadas para ser masculinizadas son alrededor del 25% en cada colecta, en este año fueron más de 500 mil (datos no publicados) de las 2 millones de crías que se obtienen.

Tabla 3. Huevos y crías por estanque

Estanque	Numero de huevos	Numero de cría
1	51000	25500
2	58500	29250
3	37500	18750
4	57000	28500
5	57000	28500
6	69000	34500
7	39000	19500
8	76500	38250
9	79500	39750
10	76500	38250

Calidad del agua

El agua se mantenía en rangos entre los 24° y 30° C aunque puede descender hasta los 20° C, el oxígeno disuelto se encontraba en un rango de 5 a 8 mg/L y un pH de 7 a 8. El recambio del agua en promedio fue del 14 litros por minuto.

Capacidad de carga

La densidad para los reproductores es de 4 a 6 organismos por metro cuadrado y de 2 a 4 cuando los reproductores tienen tallas de 700 o más gramos. Para la cría las densidades se calculan de la siguiente manera:

Se considera el número de crías colectadas para saber que dimensiones de estanque son las más adecuadas, para que no haya una sobrepoblación.

Tabla 4. Medida de los estanques para cría. Datos del centro acuícola Zacatepec.

ESTANQUE	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD	M²	M³
E 21 A	5 M	3.0 M	0.80 M	15	12
E 21 B	5 M	3.0 M	0.80 M	15	12
E 21 C	21.0 M	3.0 M	0.75 M	63	47.5
E 21 D	22.20 M	3.0 M	0.75 M	66	49.5

Crías confinadas

En la tabla 5 se muestra un ejemplo del número de especies cultivadas, de acuerdo con las dimensiones de cada estanque.

Tabla 5. Numero de crías confinadas por estanque. Datos del centro acuícola

ESTANQUE	No.	No. DE CRIAS	NO. DE CRIAS/M³
21 A	1	20.000	1.666
21 B	1	20.000	1.666
21 C	1	70.000	1.483
21 D	1	70.000	1.414

Venta

Los organismos son obtenidos para la venta, donde se destinan para repoblación y engorda, tanto local como estatal. Los costos de producción (que incluyen desde el mantenimiento, alimento, equipo, luz, agua, etc.) hasta el día de hoy se calculan entre los 37 centavos por organismo producido, para la venta al público a 62 centavos por organismo, aunque el CAZ al ser un centro dependiente de la CONAPESCA subsidia a los productores, esto depende del lugar donde pertenecen, es decir, si el poblado de dónde vienen está catalogado como marginal según el Consejo Nacional de Población (CONAPO) el centro acuícola subsidia el 75% de la venta, por el contrario si el productor viene de una zona con baja marginalidad el centro solo subsidia el 25%, al igual se puede subsidiar el 50% si se viene de un poblado de media marginalidad.

A continuación, se resume las actividades realizadas en el CAZ

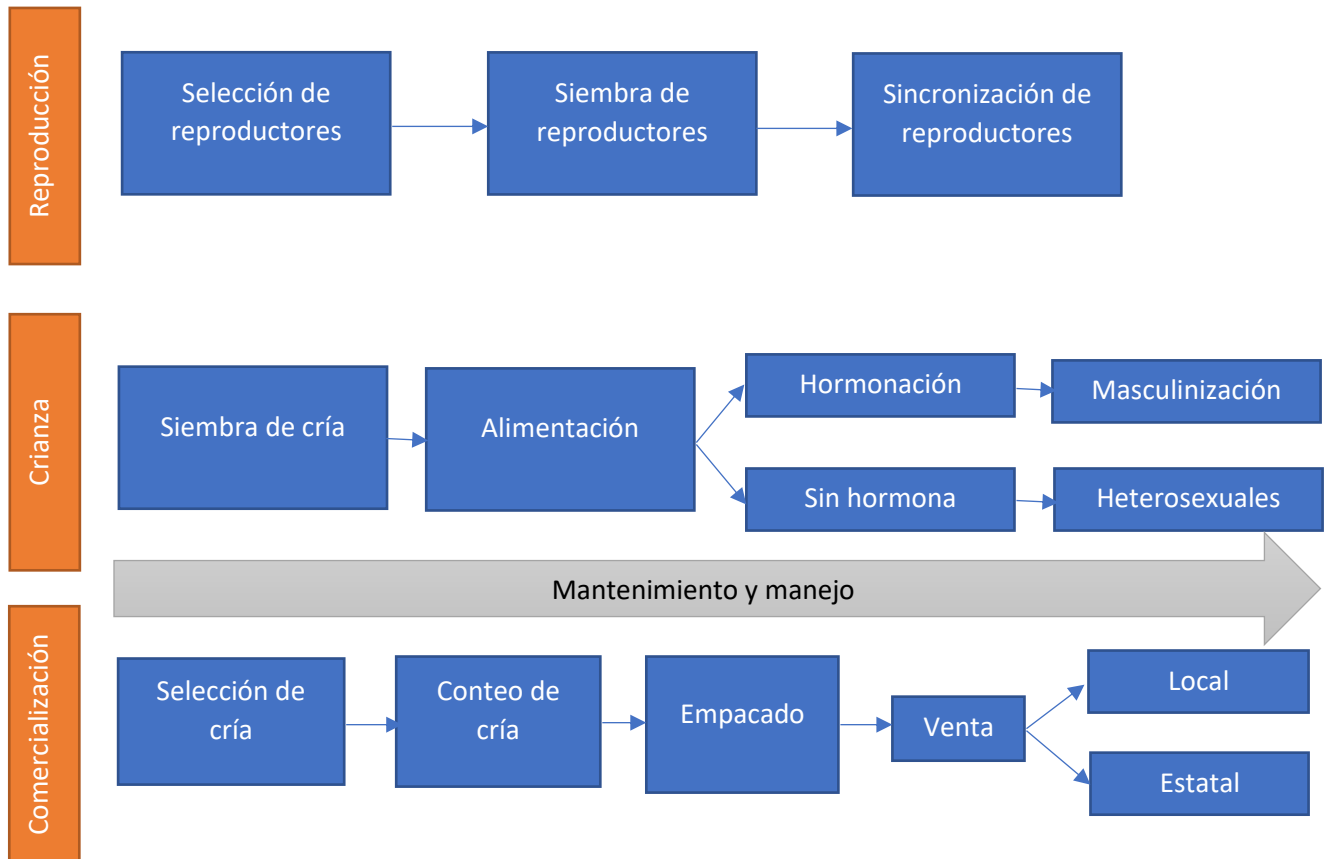


Figura 6. Descripción general de la actividad realizada en el centro acuícola Zacatepec (CAZ). Las áreas destinadas para cada actividad se pueden observar en el anexo 2.

Discusión

A pesar de que son varias especies de tilapia las que se encuentran en el CAZ, por ejemplo, Rocky Mountain, *Carpa herbívora* (*Ctenopharyngodon idella*); que esta se utiliza solo para el control algas y Red CAZ, la mayor producción de tilapia del Nilo en el CAZ se debe a que es la más comercial, porque es la de mayor crecimiento, en comparación con otro tipo de tilapias (FAO, 2009), y es la que más se solicita en el centro, aunque se sugiere que hay otras especies de tilapia roja que pueden igualar o superar en peso y tamaño a la tilapia del Nilo (Calixto , 2011).

El alimento se suministra en raciones y no todo en una sola exhibición, ya que el alimento no puede ser digerido por los organismos en su totalidad (Ornelas et. al. 2017), lo que provocaría pérdidas económicas con el desperdicio del alimento.

La venta de organismos monosexo se debe a que se ha demostrado que el crecimiento de la tilapia utilizada para engorda es mayor que los organismos heterosexuales, porque mientras que los organismos monosexados solo se dedican a alimentarse, los organismos herosexuales por su parte utilizan el alimento que consumen para la reproducción (Chervinski, J. 1965, Pérez et. al. 2015), lo que representa menor costo de producción y mayor ingreso para los productores, ya que la biomasa conseguida es más elevada. Posiblemente los resultados mostrados en este trabajo que no coincide con los reportados por Alvarado, 2015 se deba principalmente a la selección arbitraria que se realizó para la siembra de reproductores, con las características deseadas, ya que como se menciona en el trabajo de Alvarado, 2015 las hebras y los machos pueden alcanzar tallas similares en la etapas de crecimiento.

La calidad del agua es un factor muy importante en el desarrollo y calidad de vida de los organismos y principalmente en las primeras etapas de desarrollo como lo sugiere Abdel y El-Sayed, 2020, una mala calidad de agua representa una amenaza latente, porque aumenta las posibilidades de crecimiento de patógenos y disminuye la respuesta inmunológica de los organismos (Ornelas et. al. 2017). Al igual, la temperatura disminuye el crecimiento y cambios demasiado bruscos puede llegar a ser letal (Saavedra, 2006), por lo que es muy importante controlar este factor. El oxígeno disuelto es otro de los factores más importantes, porque a bajas concentraciones el organismo puede dejar de alimentarse, este factor está muy ligado a la presencia de organismos fotosintéticos que introducen oxígeno en a los estanques, teniendo picos más altos en horas con mayor luz, en este sentido la turbidez juega un papel importante ya que el exceso de partículas suspendidas puede inhibir la entrada de luz, provocando la disminución de oxígeno (Saavedra, 2006). La recirculación del agua mantiene las condiciones más constantes, ya que permite remover de manera mecánica los excesos de partículas suspendidas, además de oxigenar el agua y mantener la temperatura constante (Ornelas et. al. 2017).

La biomasa es un factor importante en el crecimiento de los organismos, esto va muy ligado a las condiciones bajo las cuales se desarrollan los organismos, en los sistemas intensivos se puede tener una alta densidad, como es el caso del CAZ, pero hay que mantener las condiciones adecuadas en los rangos óptimos de la tilapia, una buena recirculación y sistemas de aireación, una baja calidad de agua disminuye el número de organismos que puede ser mantenidos, ya que no obtienen el oxígeno disuelto necesario, además, una de las ventajas es que es más eficiente el suministro de alimento (Ornelas et. al. 2017).

El mantener las condiciones adecuadas, como una buena alimentación, buena calidad del agua, sanidad y un constante control de los organismos, por medio de monitoreo, puede garantizar una buena producción al igual que una obtención de crías de buena calidad.

Conclusión

El conocer las diferentes características en la producción de crías en el CAZ nos da herramientas y conocimientos para mejorar el manejo de la unidad, no solo de esta granja, sino, de otras más, aunque teniendo en consideración que cada granja acuícola tiene sus especificaciones, con lo que es necesario mantener los estándares de calidad y sanidad, y afrontar los nuevos retos en esta actividad y así poder atender a las y los productores en la transferencia de crías, además, de brindar asesoramiento técnico. A pesar de que la actividad acuícola es prioritaria en el país, ya son escasos los centros acuícolas a cargo del gobierno federal y estatal; donde pasamos de 50 centros en 1985 a 10 en 2021 (SEMARNAT, 2021); aunque se mantenga los apoyos a los productores, son más de iniciativa privada (CONAPESCA, 2019), por lo que la labor que se genera en este centro es de suma importancia.

Literatura citada

- Abdel F. M. El-Sayed, 2020. Environmental requirements, Tilapia Culture (Second Edition), Academic Press, Pages 47-67, ISBN 9780128165096, <https://doi.uam.elogim.com/10.1016/B978-0-12-816509-6.00004-5>.)
- Alvarado, R. C. 2015. Comparación del crecimiento de machos y hembras de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivadas en jaulas. *Uniciencia*, 29(1), 1-15.
- Arredondo, J. L., & Juarez, R. C. 1986. Manual para el cultivo de Carpas. *México, DF Secretaría de Pesca*, 121.
- Calixto, E. N. H. 2011. Pargo-UNAM: Una alternativa en el mundo de la acuicultura tropical. México. IICA. ISBN (en trámite).
- Castañeda, C. A. 2002. Reseña histórica del Centro Acuícola Zacatepec, Morelos.
- Chervinski, J. 1965. Dimorfismo sexual en *tilapia*. *Naturaleza* **208**, 703. <https://doi.org/10.1038/208703a0>
- CONABIO, 2014. Ponderación de Invasividad de Especies Exóticas en México (SIEI): *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758.
- CONAPESCA 2007. Programa Maestro Nacional Tilapia. Documento Final. SAGARPA. 342 p
- CONAPESCA, 2019. ANUARIO ESTADÍSTICO DE ACUACULTURA Y PESCA. PP 209-223.

FAO. 2009. *Oreochromis niloticus*. En Fichas técnicas de especies acuáticas cultivadas. Texto de Rakocy, JE Editado y compilado por Valerio Crespi y Michael New. CD-ROM.

González P. J. 1978. La acuicultura en México-Reseña Nacional. In *Actas del Simposio sobre Acuicultura en América Latina*. FAO. *Informes de Pesca* (No. 159).

Huber M y Castro P, 2009. *Biología Marina* 6ED, McGraw-Hill. ISBN: 9788448174651. pp 514.

Hurtado, T. N. 2005. Inversión sexual en tilapias: revisión bibliográfica. Recuperado de http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf.

Idyll, C. P. 1974. Capacitación en Acuicultura: México. *Progr. de Invest. y Fom. Pesq. México/PNUD/FAO. Contribuciones al estudio de las pesquerías de México. CEPM, 12.*

Morales, A. 1974. El cultivo de la tilapia en México. Datos biológicos. Ciudad de México, Mexico, DF: INP.

Obregón, D. A. A. 2005. Reversión sexual de las Tilapias Roja (*Oreochromis sp*), una guía básica para el acuicultor. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(12), 1-5.

Ornelas, L. R., Aguilar P. B., Hernández D. A., Hinojosa L. J. Á., & Godínez S. D. E. 2017. Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta universitaria*, 27(5), 19-25.

Pérez, M., Sáenz, M., & Martínez, E. 2015. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 6(1), 72-79.

Saavedra M. M. A. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua, BIDEAUSAID, p15.

SEMARNAT, 2021. Centros acuícolas y producción de crías, alevines y postlarvas. PP 24.

Vázquez V. L. y Chávez C. P. Eds. 2022. Diagnóstico de la acuicultura en México. ISBN: 978-607-99061-5-3 Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. México.

Anexos

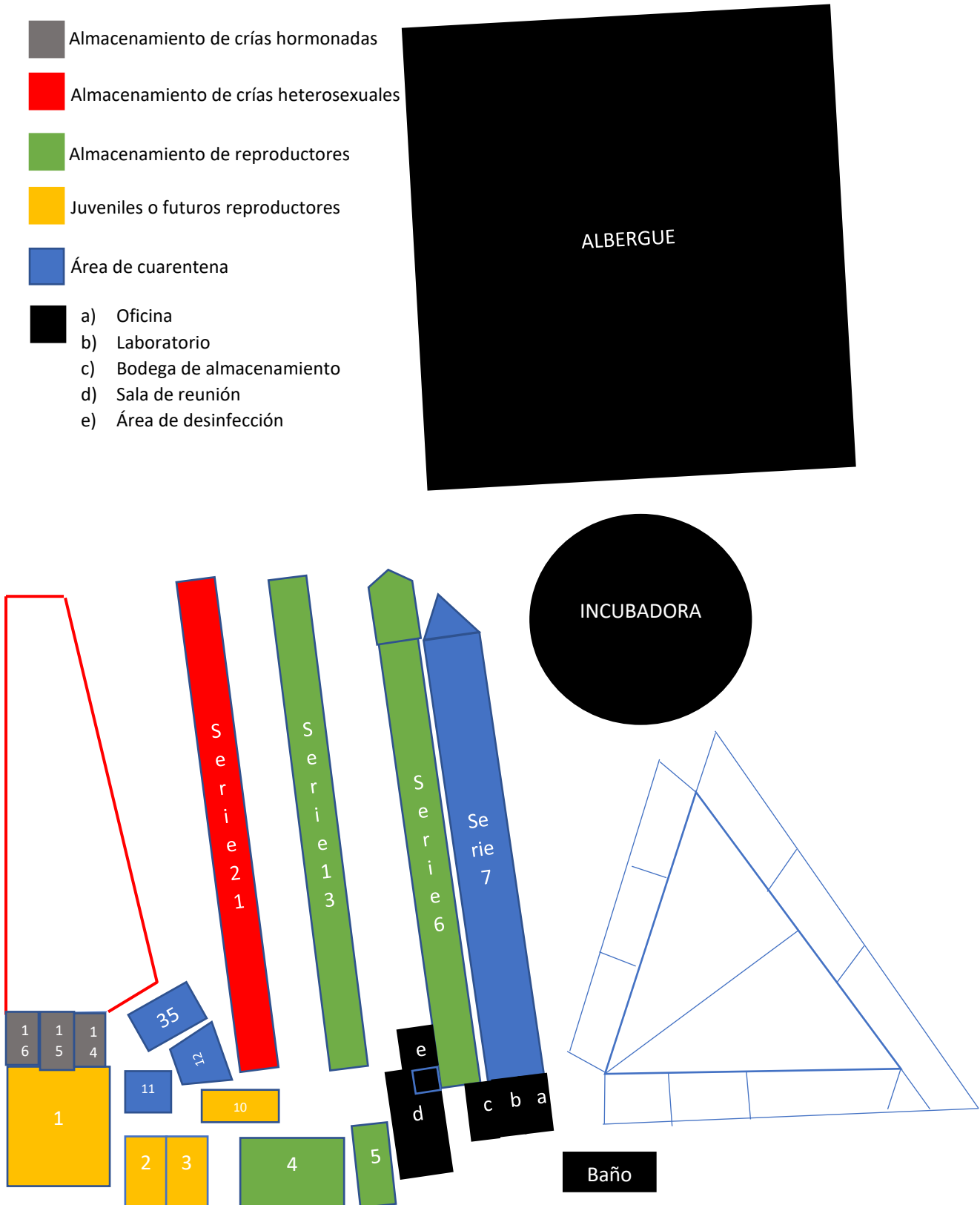
Anexo 1. Resolución de la fórmula propuesta por Alvarado (2015).

$$M-H/M = ((0.697 - 0.401) / 0.697) \times 100$$

$$M-H/M = 42.4\%$$

Anexo 2. Áreas de actividades del CAZ.

- Almacenamiento de crías hormonadas
- Almacenamiento de crías heterosexuales
- Almacenamiento de reproductores
- Juveniles o futuros reproductores
- Área de cuarentena
- a) Oficina
b) Laboratorio
c) Bodega de almacenamiento
d) Sala de reunión
e) Área de desinfección



Anexo 3. Morfometría de los reproductores

Estanque 1				Estanque 1				
Machos				Hembra				
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT	
1		39	31	12	1	34	28.5	10
2		37	30	11.5	2	30.5	26	9
3		34.5	29	10	3	37	32	10
4		40	34	11.5	4	26.5	22	8
5		37.5	31	10	5	25	21	8
6		33	27	10	6	27.5	23	8.5
7		30	24.5	9.5	7	26.6	22	8
8		38.5	31.5	12	8	28	23	8.5
9		31.5	26	9.5	9	32.5	27	9.5
10		29.5	23	9	10	29	24	8
Promedio		35.05	28.7	10.5	11	30	25.5	9
Tara vacia		20			12	25	21	7.5
Tara Carga		26.6			13	31	26.5	10
Peso prom		0.66			14	26	22	7.5
					15	26.5	22	8
					16	24.5	20	7
					17	33.5	28	10
					18	31	25	9.5
					19	24	20	7.5
					20	24	20	7.5
					21	30	25	8
					22	24	20	6.5
					Promedio	28.4590909	23.7954545	8.43181818
					Tara vacia	20		
					Tara Carga	28.4		
					Peso prom	0.38181818		

Estanque 2				Estanque 2				
Machos				Hembras				
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT	
1		36	30	9	1	35	28	9.5
2		39.5	32	10.5	2	29	24	8
3		35	28	10	3	28	23	7.5
4		38	30	10.5	4	31	26	8.5
5		30.5	26	3.5	5	30	26	9
6		35	29	11.5	6	34	28	9
7		33	27.5	11	7	31.5	26	9
8		37	30.5	12	8	28.5	23	8
9		30	24.5	9	9	27	23	8
10		30.5	25	9	10	34.5	29.5	9
Promedio		34.45	28.25	9.6	11	30	25	8.5
Tara vacia		20			12	29.5	25	8
Tara Carga		26.5			13	26	21	7.5
Peso prom		0.65			14	27	23	7
					15	24.5	20	7.5
					16	28.5	25	8
					17	30	25.5	9
					18	24.5	20	7
					19	29	25	7
					20	25.5	22	8
					21	20	16	6
					22	26.5	21.5	8
					Promedio	28.6136364	23.8863636	8.04545455
					Tara vacia	20		
					Tara Carga	28.4		
					Peso prom	0.38181818		

Estanque 3	Machos			Estanque 3	Hembras		
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT
1	28.5	22	10	1	36	31	10.5
2	28	22.5	9.5	2	28	23	9
3	28.5	22.5	9.5	3	29	24	9
4	23.5	18	8	4	27	23	8
5	30	25	9	5	31	26	9.5
6	31	26	10	6	30	24	9
7	28.5	23	9.5	7	32.5	27	9.5
8	28.5	22.5	9	8	24	20	8.5
9	29	24	9.5	9	28	24	7.5
10	26.5	22	9.5	10	29	23	9.5
Promedio	28.2	22.75	9.35	11	26.5	22	7.5
Tara vacia	20			12	23	19	8
Tara Carga	24.2			13	20	17.5	6
Peso prom	0.42			14	23	19	6.5

15	31	27	9.5
16	27	23	8
17	25.5	20.5	7.5
18	22.5	17.5	6.5
19	24	19	8
20	22	19	6
Promedio	26.95	22.425	8.175
Tara vacia	20		
Tara Carga	26.8		
Peso prom	0.34		

Estanque 4	Machos		
	LT	LP	ALT
1	34	28	10.5
2	33	27.5	11
3	32	26	9.5
4	30.5	24.5	9
5	33.5	27	11
6	33.5	28	11
7	36	30	11
8	34	28	11
9	33	28	11
10	30	25	10
Promedio	32.95	27.2	10.5
Tara vacia	20		
Tara Carga	28		
Peso prom	0.8		

Estanque 4	Hembras		
	LT	LP	ALT
1	27	21.5	8.5
2	30.5	26	9
3	25	21	7
4	22	18	6.5
5	24	20	7
6	22	18	6.5
7	21.5	18	6.5
8	23.5	20	7
9	23	19	6.5
10	24	20	6.5
11	26	22	8
12	26	21.5	8
13	22	18	6
14	23	19	7
15	23.5	19	7.5
16	22	17.5	6.5
17	25.5	21	6.5
18	25	21	7
19	25.5	21	7
20	23.5	19	6.5
Promedio	24.225	20.025	7.05
Tara vacia	20		
Tara Carga	25.2		
Peso prom	0.26		

Estanque 5				Estanque 5			
Machos				Hembras			
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT
1	42.5	34	3	1	31	25	8
2	39.5	32	11	2	33	527.5	9
3	40	33	11.5	3	35	29	10
4	39	32	13	4	33	27	9
5	38.5	31	10	5	33	17	9
6	35	29	11	6	30	25	8.5
7	38	32	12	7	32	26	9
8	38	31	11	8	30	24	8.5
9	37.5	31	11	9	30	25	8
10	33	28	10	10	27.5	22	6.5
Promedio	38.1	31.3	10.35	11	33	27	9
Tara vacia	20			12	31	25	8.5
Tara Carga	28			13	29	24.5	9
Peso prom	0.8			14	30	25.5	8.5
				15	31	25.5	8.5
				16	31	26	8
				17	36	31	9.5
				18	33.5	27	9.5
				19	31	25	8.5
				20	37	31	9
				Promedio	31.85	50.75	8.675
				Tara vacia	20		
				Tara Carga	30.2		
				Peso prom	0.51		
Estanque 6				Estanque 6			
Machos				Hembras			
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT
1	33	27	10	1	22	18	6.5
2	32	27	10	2	26	21	7.5
3	35	28	11	3	23	19	7
4	30	24	9.5	4	24	19.5	6
5	35	28	12	5	27.5	23	7.5
6	35	28	10.5	6	22.5	18	5.5
7	36.5	30	11.5	7	25.5	20	6.5
8	32	25	10	8	23	19	5.5
9	29	23.5	9	9	23.5	19.5	7
10	34	27	10	10	23.5	19	5
Promedio	33.15	26.75	10.35	11	20	16.5	5
Tara vacia	20			12	23	19	6
Tara Carga	26			13	26	22	6.5
Peso prom	0.6			14	21.5	17	6.5
				15	28	22.5	7.5
				16	24	20	6
				17	24.5	21	6
				18	23	19	7
				19	23	18.5	5.5
				20	23.5	20	7
				Promedio	23.85	19.575	6.35
				Tara vacia	20		
				Tara Carga	25		
				Peso prom	0.25		

Estanque 7				Estanque 7				
Machos				Hembras				
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT	
1		34	28	10	1	24	20	5.5
2		25.5	21	7.5	2	31.5	26.5	8
3		40	33	12.5	3	30	24.5	8
4		37	30	10.5	4	32	27	8.5
5		39	31	10	5	28	23	7
6		41.5	33	13	6	26	22.5	7
7		32	26	10	7	32	25.5	8
8		40.5	33	12	8	32	25.5	8
9		36	29	10.5	9	35	29	10
10		38	30.5	11.5	10	23	17	9
11		46	37	13.5	11	23	19	4.5
Promedio	37.2272727	30.1363636	11	12	30.5	24.5	7	
Tara vacia	20			13	31.5	26	7.5	
Tara Carga	28.4			14	31	25	8	
Peso prom	0.76363636			15	33	26.5	8.5	
				16	26.5	22	7.5	
				17	35	28.5	9	
				18	34	27.5	9.5	
				19	32.5	26.5	9	
				Promedio	30.0263158	24.5263158	7.86842105	
				Tara vacia	20			
				Tara Carga	28.8			
				Peso prom	0.46315789			

Estanque 8				Estanque 8				
Machos				Hembras				
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT	
1		39	33	12.5	1	33.5	28	9
2		35.5	28.5	9.5	2	26	21	7.5
3		34.5	27.5	10	3	31.5	26	9.5
4		40.5	32	12	4	34	27	9.5
5		44.5	37	12.5	5	29	24	8.5
6		36.5	29	10	6	32	26	9
7		37.5	30	11	7	32	26	8.5
8		40	33	10	8	35.5	30	10
9		38	29.5	9.5	9	27	22	8
10		38	30.5	9.5	10	34	28	10
Promedio	38.4	31	10.65	11	38	31	10.5	
Tara vacia	20			12	30	25	8.5	
Tara Carga	28.8			13	35	30	10	
Peso prom	0.88			14	31	26	9.5	
				15	32.5	27	8	
				16	34.5	28	10	
				17	32.5	26	9	
				18	34.5	28	9.5	
				19	32	27	9.5	
				20	31	26	9	
				Promedio	32.275	26.6	9.15	
				Tara vacia	20			
				Tara Carga	30.2			
				Peso prom	0.51			

Estanque 9				Estanque 9			
Machos				Hembras			
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT
1	35.5	29	10	1	33.5	27.5	8.5
2	38.5	30.5	10.5	2	29	25	7.5
3	35.5	29	9.5	3	33.5	28	8.5
4	42	34.5	11.5	4	35.5	29.5	9.5
5	36.5	29	10.5	5	28.5	24.5	7.5
6	40	33	10	6	36	29.5	9
7	41.5	34.5	11.5	7	33	27	8
8	40	32	10	8	32	26.5	9.5
9	31	27.5	8.5	9	29	24.5	7
10	40.5	32	9.5	10	30.5	25.5	8.5
Promedio	38.1	31.1	10.15	11	32.5	27.5	8.5
Tara vacia	20			12	29	24	7
Tara Carga	28.5			13	30	25.5	8
Peso prom	0.85			14	33	28	7.5
				15	33	27.5	8
				16	32	26.5	8
				17	33	27	7.5
				18	32	26	7.5
				19	31	25.5	7.5
				20	32	26.5	8.5
				Promedio	31.9	26.575	8.075
				Tara vacia	20		
				Tara Carga	30.6		
				Peso prom	0.53		
Estanque 10				Estanque 10			
Machos				Hembras			
	LT	LP	ALT		LT	LP	ALT
1	34	27	10	1	28	23	8.5
2	33.5	27	9.5	2	29	24	8
3	28.5	23	8.5	3	33	28	9
4	31	24.5	8.5	4	26	22	8
5	31	26	9	5	34	28	9
6	38	31	11	6	30	24	9
7	33	27	9.5	7	33	27	9
8	30.5	24.5	8.5	8	29	24	8
9	28.5	23	9	9	30	25	8.5
10	32.5	26.5	10	10	33	27	8.5
Promedio	32.05	25.95	9.35	11	26	22	6.5
Tara vacia	20			12	27	22	8
Tara Carga	25.5			13	27.5	23	7.5
Peso prom	0.55			14	30	25.5	7
				15	29.5	25	7.5
				16	29	24	8
				17	28	23	8
				18	39	33	9.5
				19	33	28	8
				20	28.5	24	8
				Promedio	30.125	25.075	8.175
				Tara vacia	20		
				Tara Carga	29		
				Peso prom	0.391		