



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencias en Ingeniería de Biosistemas

**ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE CULTIVO DE RANA
LEOPARDO (LITHOBATES FORRERI) EN CAUTIVERIO**
Opción de titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Título de
Maestría en Ciencias en Ingeniería de Biosistemas

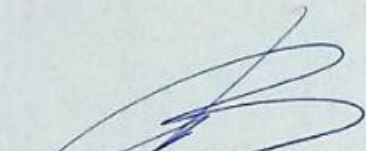
Presenta:

Diego Arné Robles Bustos

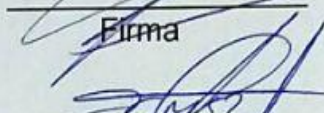
Dirigido por:

Dr. Juan Fernando García Trejo

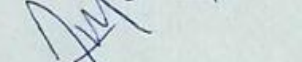
Dr. Juan Fernando García Trejo
Presidente


Firma


Dr. Genaro Soto Zarazúa
Secretario


Firma


Dr. Andrés Cruz Hernández
Vocal

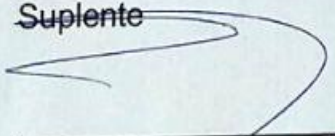

Firma

Dr. Enrique Rico García
Suplente

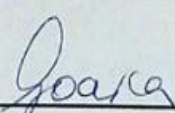

Firma

Dr. Ramón Gerardo Guevara González
Suplente


Firma



Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad



Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Secretaria de Posgrado, Investigación e
Innovación UAQ

RESUMEN

El cultivo de ranas es una actividad dentro de la acuicultura, actualmente la rana toro (*Lithobates catesbeiana*) es el principal producto de esta actividad. Sin embargo existen especies que son consumidas sin ser producidas en cautiverio, lo que ocasiona que estas especies disminuyan su población silvestre, uno de estos casos es la rana leopardo (*Lithobates forreri*). Originaria de Sinaloa, esta rana se ha convertido en blanco para la caza con el objetivo de satisfacer la demanda nacional e internacional provocando que se encuentre en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010 en protección especial. Por lo que se requiere un sistema de producción de este animal para evitar su merma, por lo cual el objetivo de este trabajo es determinar las condiciones para su posterior cultivo en cautiverio. En este trabajo evaluamos el alimento, la densidad de carga, la temperatura y calidad de agua en renacuajos en etapa 21 de la escala Gosner, así como el alimento y densidad de carga en juveniles de *Lithobates forreri*, reflejado en la tasa de metamorfosis, tasa de sobrevivencia y ganancia en peso. Utilizando 8 tratamientos y un control se encontró que el control, T5, T6 y T8 son estadísticamente iguales, pero con una significancia en comparación a los demás tratamientos, dándonos como conclusión que la rana leopardo puede producirse con condiciones de calidad de agua similares a la de la rana toro, con una alimentación de 30-40% de proteína así como una densidad de 1 ind/L, en la etapa de renacuajo, mientras que una densidad de 40 ind y un alimento de 40% de proteína permite el cultivo de juveniles en cautiverio.

Palabras clave: *Acuicultura, cultivo de rana, rana toro*

SUMMARY

The frog's culture is an activity within aquaculture, currently the bullfrog (*Lithobates catesbeiana*) is the main product of this activity. However, there are some species that can be consumed without being produced in captivity, which occasionally is the decrease of the wild population, one of these cases is the leopard frog (*Lithobates forreri*). Originally from Sinaloa, it has become a target for hunting with the objective of satisfying national and international demand, causing it to be in the NOM-059-SEMARNAT-2010 standard in special protection. Therefore, a production system of this animal is required to avoid its reduction, so the aim of this work is to determine the conditions for its subsequent cultivation in captivity. In this work the food, the density, the temperature and the quality of the water in tadpoles in the scale 21 of the scale of Goster, as well as the food and the density of load in juveniles of *Lithobates forreri*, reflected in the rate of metamorphosis, survival rate and weight gain. Using 8 treatments and control it was found that the control, T5, T6 and T8 are statistically equal, but with a significance in comparison with the other therapists, giving us as a conclusion that the leopard frog can produce water quality conditions similar to the of the bull frog, with a feeding of 30-40% of protein as well as a density of 1 ind / L, in the tadpole stage, while a density of 40 ind and a feeding of 40% of protein allows the culture of juveniles in captivity.

Keywords: *Aquaculture, Frog culture, Bullfrog*

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Primero que nada quieira agradecer al CONACyT por brindar el apoyo durante el transcurso de la maestría.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por ser mi alma mater.

A los profesores que sin su conocimiento no se hubiese logrado todo estp.

A mi asesor que estuvo ahí cuando se le necesitó.

A mis compañeros de clases.

A mis amigos.

A mi pareja y sobre todo a mis padres que sin ellos no sería lo que soy ahora.

A todos ellos mil gracias.

El siguiente escrito está dedicado a toda persona que quiera ser parte de la
comunidad científica del país.

CONTENIDO

RESUMEN.....	
SUMMARY	
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA.....	
ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	4
HISTORIA DEL CULTIVO DE RANA	4
COMPLEJO <i>LITHOBATES PIPIENS</i>	5
<i>LITHOBATES FORRERI</i>	7
CULTIVO DE RANAS.....	9
MOTIVACIÓN.....	14
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	15
HIPÓTESIS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS PARTICULARES	15
MATERIALES Y MÉTODOS	16
UBICACIÓN.....	16
MATERIAL BIOLÓGICO	16
MATERIALES	17
ESTABLECIMIENTO LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA EN RENACUAJO DE <i>LITHOBATES FORRERI</i>	17
DETERMINACIÓN LA DENSIDAD Y LA CANTIDAD PROTEICA EN RENACUAJO DE <i>LITHOBATES FORRERI</i>	18
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CARGA Y CANTIDAD PROTEICA EN ETAPA JUVENIL DE <i>LITHOBATES FORRERI</i>	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA EN RENACUAJO DE <i>LITHOBATES FORRERI</i>	21
DENSIDAD Y ALIMENTACIÓN EN RENACUAJO DE <i>LITHOBATES FORRERI</i>	21
<i>Ganancia en peso</i>	21
<i>Tasa de sobrevivencia</i>	23
<i>Tasa de metamorfosis</i>	23

EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN	24
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CARGA Y CANTIDAD PROTEICA EN ETAPA JUVENIL DE LITHOBATES FORRERI	25
DISCUSIÓN	26
<i>Determinación de las condiciones físico-químicas en renacuajos de Lithobates forreri</i>	26
<i>Efecto de la densidad</i>	27
<i>Efecto de la alimentación</i>	29
<i>Determinación de la densidad y cantidad protéica en juveniles de rana leopardo</i>	30
CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Variables físico-químicos del agua	9
Cuadro 2 Variables de calidad de agua para renacuajos de <i>L. catesbeiana</i>	10
Cuadro 3 Condiciones de Cultivo de <i>Lithobates catesbeiana</i>	11
Cuadro 4 Tratamientos en etapa de renacuajo de <i>Lithobates forreri</i>	18
Cuadro 5 Tratamientos en etapa juvenil de <i>Lithobates forreri</i>	20
Cuadro 6 Variables de la calidad de agua obtenidas en el experimento	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de <i>Lithobates forreri</i>	6
Figura 2 Adulto de <i>Rana forreri</i>	8
Figura 3 Estanques usados para el experimento	16
Figura 4 Renacuajos en etapa 21 Gosner	17
Figura 5 Juvenil de <i>L. forreri</i>	19
Figura 6 Peso durante el primer mes del experimento	22
Figura 7 Tasa de sobrevivencia: en T1 y T2.....	23
Figura 8 Tasa de metamorfosis	24
Figura 9 Efecto de la alimentación en renacuajos de <i>L. forreri</i>	25
Figura 10 Ganancia en peso de ranas juveniles de <i>L- forreri</i>	26
Figura 11 Efecto de la alimentación juveniles.....	28
Figura 12 Juvenil <i>L. forreri</i> posterior al experimento.....	30

INTRODUCCIÓN

Lithobates pipiens es un complejo de varias especies de ranas que se distribuye ampliamente. En México se encuentran desde Chihuahua hasta la península de Yucatán. Dentro del complejo de *Lithobates pipiens* se encuentran diversas especies endémicas del país, como lo son *Lithobates forreri*, *Lithobates magnocularis*, *Lithobates noevolcanicus*, *Lithobates montezumae*, etc. (Frost and Bagnara, 1976, Frost and Bagnara, 1977).

En el territorio de Sinaloa se encuentra una rana que ha sido considerada como una especie en riesgo y por ello se encuentra protegida bajo la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, con protección especial (Pr), esta rana es conocida como Rana pinta (o *Lithobates forreri*) cuyo nombre científico es *Lithobates forreri*. Esta rana forma parte de un grupo de ranas de talla grande, entre 50 y 130 mm de longitud hocico-cloaca (LHC), las cuales son explotadas con fines comerciales, estudios de experimentación en laboratorio y en el medio natural como control biológico de plagas, ya que juega un papel importante en las cadenas tróficas (Chávez *et al.*, 1995, Degenhardt *et al.*, 1996, Laufer *et al.*, 2008).

El ciclo de vida de la especie se divide: en huevo, larva o renacuajo, juvenil y adulto. La temporada de veda de la especie incluye primavera, verano e incluso a principios de otoño, se pueden encontrar masas de huevos y pequeños renacuajos, en los cuerpos de agua, a partir de abril. El tamaño de una puesta se encuentra entre 554 a 20,000 huevos, la ovoposición se realiza en cuerpos de agua quieta. El ciclo de vida de la especie oscila entre 7-8 meses desde huevo a adulto en condiciones naturales (Chávez *et al.*, 1995).

En la actualidad la *Lithobates forreri* ha sido extraída de su hábitat natural dentro del país, mermando su población lo que ha provocado un enfoque en la producción de la rana en espacios cerrados o en cautiverio, lamentablemente no existe un sistema que permita la producción de la *Lithobates forreri* llegando a usar los sistemas de producción establecidos en una especie cercana a la rana leopardo, en este caso la Rana toro (*Lithobates catesbeianus*). Lo anterior provoca que el cultivo se vea

afectado en cuanto a la densidad población y a la calidad del producto final. Por lo que es necesario desarrollar un sistema con las condiciones físico-químicas y biológicas para la producción de la *Lithobates forreri*

Actualmente, la rana toro (*Lithobates catesbeianus* o *Rana catesbeiana*) es considerada una plaga que afecta directamente a la población de anfibios, disminuyendo la población de rana leopardo (Laufer *et al.*, 2008). En Sinaloa las dos ranas conviven en el mismo hábitat y sumado a lo anterior, la población de *Lithobates forreri*, también se ve afectada. Otro factor que se debe tomar en cuenta en la disminución de la población de la rana leopardo es la contaminación del agua en su medio natural (Cary *et al.*, 2014).

El cultivo de rana es complejo, debido a que cada etapa de su ciclo biológico requiere diferentes técnicas de cultivo. Es necesario un manejo adecuado durante el estadio de renacuajo, para mantener una tasa de sobrevivencia alta, así como una metamorfosis en el menor tiempo posible (Munguia *et al.*, 2015). Mientras que la rana (juvenile y adulto) requiere de espacio en m², alimento, humedad y agua (Novoa *et al.*, 2007).

Una de las formas de poder controlar estas condiciones anteriores es a través del uso de un invernadero, ya que es un sistema estructural que crea una barrera física con el ambiente, con lo cual se permite la generación de un microambiente en el interior de las instalaciones mismo que puede ser controlado (Carmona-Osalde *et al.*, 1996). Este control permite la recreación de las condiciones propicias para el crecimiento y desarrollo de la o las especies que se cultivan, lo que termina en la obtención de producciones de calidad y con elevados rendimientos en cualquier época del año.

Para evitar la merma en la población ranícola se propone el cultivo de *Lithobates forreri* en cautiverio, pero éste ha sido complicado, ya que la reproducción está mediada por la temporada (la temporada de veda es en primavera-verano y la temporada de hibernación empieza a finales de otoño). En 2013 Trudeau *et al.* Han propuesto el uso de métodos que estimulen la ovoposición de las hembras y aumente la fecundación de los huevecillos fuera de temporada.

En el 2014 se trabajó con la adecuación de éstos individuos en invernadero, para iniciar con la producción, obteniendo una tasa de supervivencia de 31.95%. El trabajo de De león se basó en las condiciones físico-químicas y biológicas especificadas para la rana toro.

ANTECEDENTES

Historia del cultivo de rana

El cultivo de rana o ranicultura es una actividad centrada en la producción de rana para uso comercial y de investigación. El crecimiento de esta actividad en latinoamérica ha sido considerable y Brasil es el máximo exponente en esta categoría (Flores 1997, Montel *et al.* 2013).

En Asia la ranicultura se originó como tal a principios de los años 50, cuando en Taiwán se introdujo la especie de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) bajo un programa de desarrollo tecnológico que permitiera su cultivo comercial (Montel *et al.* 2013).

Por otra parte en Tailandia e Indonesia fue a principios de la década de los 80's que a partir de esfuerzos locales se consiguió la domesticación de la rana tigrina (*Hoplobatrachus tigerinus*), con lo que la actividad ranícola se convirtió en una actividad de relativa importancia (Montel *et al.* 2013). De acuerdo con estimaciones de 1997, la región contaba con más del 60% de las granjas ranícola en operación en el mundo (Flores 1997).

Mientras tanto en el continente americano, los inicios del cultivo de rana apuntan a los Estados Unidos. Posteriormente hacia los años 30`s en Brasil se reportan los primeros intentos mediante introducción de rana toro (*Lithobates catesbeianus*). Sin embargo los fracasos en los primeros intentos mermaron la actividad y propiciaron su abandono por un lapso de 40 años (Kupferbeg, 1997, Laufer *et al.* 2008).

Recientemente, a mediados de los años 80`s países como Uruguay, Argentina y Ecuador, siguieron los pasos de Brasil, adoptando implementado sus sistemas en el cultivo de rana (Kupferbeg, 1997, Laufer *et al.* 2008).

Tradicionalmente Cuba y México eran los países que exportaban carne de rana, aunque los animales eran originarios de la extracción del medio. Cuba fue uno de los principales exportadores mundiales de ancas de rana para los Estados Unidos. El

dramático cambio económico afectó la producción y el mercado que hoy muestra a Cuba solamente como un pequeño productor y exportador (Vargas *et al.* 2010).

En México, hasta la década de los 80, la abundancia de poblaciones de *Rana catesbeina* y *Lithobates forreri* eran suficientes para satisfacer la industria de exportación, principalmente para los Estados Unidos (Vargas *et al.* 2010). La disminución de las poblaciones en la naturaleza, junto con las restricciones sanitarias y ecológicas influenciaron la disminución de la captura (Flores, 1997).

En años recientes, el cultivo de rana se ha convertido en una alternativa de alto potencial para incrementar la producción sin acabar con las poblaciones silvestres (Flores, 1997).

Los productos y subproductos como la piel, el hígado, el aceite, la rana viva con fines de investigación, las vísceras secas combinadas con otros ingredientes para alimento de rana y por supuesto el anca de rana en sus diferentes presentaciones, son altamente consumibles y demandados en el mercado actual del género (Chávez *et al.* 1995, Hayashi *et al.*, 2004, Bellakhal *et al.*, 2014).

El aprovechamiento integral de la rana como un recurso biológico, representa un claro ejemplo de una actividad productiva que no afecta al ambiente, coadyuva a la preservación de las especies silvestres y se categoriza como un sistema biotecnológico de alto rendimiento y además ecológico, ya que puede emplearse el agua residual tratada de las granjas en sistemas agrícolas diversos (Flores, 1997, Montel *et al.* 2013).

Complejo *Lithobates pipiens*

Para hablar de nuestro objetivo de estudio es necesario tener en cuenta de dónde proviene. El complejo de la rana leopardo consta de más de 30 especies diferentes, dentro de las cuales se encuentran: la *Rana pipiens*, *Lithobates forreri*, *Lithobates magnooculares*, *neovolcanicus*, *montezumae*, etc. Algunas de estas ranas son endémicas de México y de la Zona del Caribe (Frost and Bagnara, 1976, Frost and Bagnara, 1977).



Figura 1 Distribución de *Lithobates forreri*

El objetivo del complejo fue incluir y diferenciar varias especies de rana leopardo (Frost and Bagnara, 1976, Frost and Bagnara, 1977), permitiendo diferenciar características morfológicas y de ubicación de estas ranas.

En 1982 Frost sugiere que el patrón de manchas en la piel de las ranas se debe a la separación geográfica entre ranas, menciona la *Lithobates forreri* tiene un patrón de despigmentación similar a su primo *L. berlandieri* que se encuentra en el Golfo de México, sobre la costa de Veracruz (Sanders y Smith, 1971), mientras que *L. forreri* se encuentra en el área de Sinaloa hasta Nicaragua (Frost, 1982).

Durante muchos años el complejo ha sido estudiado, para diferenciar todos sus integrantes, sin embargo se en la actualidad se ha abandonado debido a la complejidad del mismo (Frost 1982, Hillis 1988).

La historia de este complejo se divide en tres etapas, en lade 1920 donde se descubrió la rana leopardo y sus diferentes especies (*Lithobates pipiens*), luego en los años 40 se clasificaron las especies en función de su morfología y ubicación geográfica comenzando a entender su evolución, y en los años 60, cuando comenzó la cruza entre las diferentes especies del complejo (Frost 1982, Hillis 1988).

Comprender el origen de la rana leopardo ha sido complicado porque es difícil conocer la especie que se trabaja. En México existen varias especies y una de ellas (*Lithobates forreri*) ha sido explotada para su venta (Chávez *et al.*, 1995).

Lithobates forreri

La especie *Lithobates forreri* pertenece a un complejo de más de 30 especies de ranas, las cuales son denominadas ranas leopardo o pintas, dicho complejo se extienden desde el sur de Sonora hasta Costa Rica.

Lithobates forreri se encuentra distribuida en Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala, Honduras y México (Santos-Barrera *et. al*, 2008).

De toda esta área *Lithobates forreri* concentra su mayor población en el estado de Sinaloa México, donde juega un papel relevante en el equilibrio de la cadena trófica gracias a su consumo de una gran variedad de insectos.

Esta especie se encuentra en los bosques tropicales de tierras bajas y bosques tropicales de temporada. Se ha adaptado para sobrevivir en condiciones antropogénicas, tales como tierras agrícolas inundadas y otros sistemas de contenido de agua (Santos-Barrera *et. al*, 2008).

La *Lithobates forreri* forma parte de un grupo de ranas de talla grande, los adultos en promedio miden 50 y 130 mm de longitud hocico-cloaca (LHC), que han sido sustraídas de su medio con fines comerciales, estudios de experimentación en laboratorio y en el medio natural como control biológico de plagas, ya que juega un papel importante en las cadenas tróficas (Chávez *et al.*, 1995, Degenhardt *et al*, 1996, Laufer *et al.*, 2007).

Tienen una cabeza pequeña y puntiaguda, sus ojos son grandes, aproximadamente el diámetro de su tímpano. Los machos poseen sacos vocales pareados detrás de los ángulos de las mandíbulas, además el macho es más pequeño que la hembra, en promedio el macho puede medir 68.3 mm y la hembra arriba de los 124.2 mm LHC. El color de su vientre es de color blanco o puede tener una coloración crema,

mientras que el estampado es variable de color café a marrón con distintas manchas o puntos de color café oscuro. La superficie dorsal están marcadas con manchas oscuras y las superficies posteriores están completamente marcadas con reticulaciones oscuras sobre un fondo claro (Degenhardt *et al.*, 1996). El patrón de coloración en la rana va desde verde brillante a verde oscuro con manchas oscuras o gris claro (Ramírez, 2004).



Figura 2 Adulto de *Rana forerri*

Los renacuajos son ovoides y aproximadamente la cabeza es 1.8 veces más larga que ancha, su cola es 1.4 veces el largo de su cuerpo. La aleta dorsal se extiende desde la parte posterior de su cuerpo y es más profunda que su aleta ventral. Poseen una mandíbula finamente dentada, hay dos hileras de dientes anteriores y tres posteriores. El color café oscuro predomina en la región dorsal y tienen un color más claro en el vientre, mientras que las aletas poseen manchas color café (Degenhardt *et al.*, 1996).

Su época de reproducción comprende desde primavera a verano (Abril-julio y Septiembre-October), se pueden encontrar masas de huevos y algunos renacuajos desde abril. Para la ovoposición los huevos son colocados, por las ranas, en aguas quietas o corrientes entre matorrales, raíces o ramas y el macho los fecunda conforme son expulsados. Una hembra adulta llega a poner hasta 20,000 huevecillos en una masa flotante de uno o dos huevos de espesor (Chávez *et al.*, 1996, Degenhardt *et al.*, 1996). El huevecillo se divide en dos hemisferios, uno oscuro y el otro claro. El huevo se desarrolla durante un periodo de 3 a 20 días, dependiendo de las condiciones. El renacuajo es nutrido por el vitelo durante sus

primeros días de vida; posteriormente se convierte en detritívoro y gradualmente, conforme se desarrolla, se convierte en omnívoro hasta el fin de la metamorfosis; el periodo de renacuajo a ranita dura entre 3-4 meses. Los adultos llegan a alimentarse de varios insectos y arañas, reptiles, peces y pequeños mamíferos (Chávez *et al.*, 1996, Degenhardt *et al.*, 1996).

Durante el apareamiento los machos poseen de dos a tres frecuencias de cantos y los utilizan para llamar a la hembra. Esta conducta es para atraer a la hembra para el amplexo. Con el amplexo la hembra comienza a desovar y el macho le ayuda utilizando sus patas para presionar la pared abdominal de la hembra, al mismo tiempo que mantiene pegada su cloaca contra la de su compañera con el objetivo de fecundar los huevos una vez que sean expulsados (Degenhardt *et al.*, 1996, Pineda, 1998).

Cultivo de ranas

El fracaso o el éxito dentro de la ranicultura dependen de las condiciones físico-químicas y biológicas en los cuales son producidas, los factores más importantes la calidad del agua, la temperatura, disponibilidad de alimento, luz, etc. (Hayashi *et al.*, 2004, Bellakhal *et al.*, 20014). El agua destinada para esta actividad debe provenir de varias fuentes: río, arroyo, manantial o canales de riego, pero ante todo con la calidad y cantidad idónea sin dejar de considerar sus rangos críticos, véase en Cuadro 1 (Vargas *et al.*, 2010).

Cuadro 1 *Variables físico-químicos del agua*

Variable	Nivel óptimo	Nivel máximo	Nivel mínimo
Temperatura °C	25	30	18
pH	7	8.5	6
Oxígeno disuelto (p.p.m).	6.0	12.0	3.0
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	100	200	50

Dureza total (<i>mg/L</i> CaCO ₃)	100	150	50
Nitratos (<i>mg/L</i>)	0	0.2	0
Nitritos (<i>mg/L</i>)	0	0.05	0
Amoniaco (<i>mg/L</i>)	0	<0.10	0

Fuente: (Vargas et al, 2010)

En la acuicultura las condiciones de cultivo que se requieren hacen mención a las condiciones del agua, ya que la vida y la salud de los organismos están vinculadas directamente con ellos. Además las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua determinan la capacidad productiva del sistema (Benítez, 2012).

Cuadro 2 Variables de calidad de agua para renacuajos de *L. catesbeiana*

Variable	Valor deseable	Valor ya observado sin daño aparente
pH	6,5-7,0	6.0-8,0
Amonio	0,5 <i>mg/L</i>	0,7 <i>mg/L</i>
Nitrito	0,5 <i>mg/L</i>	1,0 <i>mg/L</i>
Nitrato	1,0 <i>mg/L</i>	----
Dureza	40 <i>mg/L</i>	10-80 <i>mg/L</i> CaCO ₃
Alcalinidad	40 <i>mg/L</i>	10-80 <i>mg/L</i> CaCO ₃
Cloruro	7,0 <i>mg/L</i>	----
Cloro	0,02 <i>mg/L</i>	1 <i>mg/L</i>
Fluoruro	Menor a 1 <i>mg/L</i>	----
Hierro	0,3 <i>mg/L</i>	1 <i>mg/L</i>
Ortofosfato	Menor a 0,3 <i>mg/L</i>	-----
Conductividad eléctrica	----	Menor que 150 <i>S/cm</i>

Fuente: Ferrerira, 2003

En los siguientes cuadros (3 y 4) se muestran las condiciones en un cultivo de rana, tanto para renacuajo de rana toro de acuerdo con Ferreria, 2003 (Cuadro 2) y de ranas de acuerdo con la FAO, 2013 (Cuadro 3). Estas son condiciones de rana toro ya que no existen registros de *Lithobates forreri*, por lo cual se tomarán en cuenta las condiciones del cultivo de rana toro para poder establecer las de la rana leopardo.

Cuadro 3 *Condiciones de Cultivo de Lithobates catesbeiana*

Condición	Valor
Temperatura Edificio	28 – 42°C
Temperatura del agua	26-28°C
pH	6-7
Fotoperiodo	14 hrs luz-10 hrs oscuridad
Humedad ambiente	95%-98%
Densidades de reproducción	10 ind/m ²

Fuente: FAO, 2013

Para el cultivo de ranas es necesaria la investigación de sus necesidades a lo largo de su vida, puesto que para lograr su producción se deben simular o recrear las condiciones presentes en su nicho silvestre. Dichas condiciones son las siguientes:

- a) Temperatura: puesto que tiene incidencia en la sobrevivencia, el desarrollo, la reproducción y cualquier función del individuo, su rango óptimo se encuentra entre 22-32°C en el edificio/invernadero (Carmona-Osalde *et al.* 1998, Calvalho and Trazzi 2000, Ferrerira, 2003).
- b) Humedad: ya que determina la velocidad de pérdida de agua del organismo*, además de estimular el apareamiento de la especie, el rango óptimo de humedad se encuentra entre 60-75%. (Blomquist, S. M., & Hunter, 2009)

- c) Fotoperiodo: debido a que estimula los procesos conductuales y metabólicos de los individuos, el rango óptimo oscila entre 12-12 horas de luz-oscuridad respectivamente (Wright *et al.* 1990, Filadelfi *et al.* 2005).
- d) Calidad de agua: el agua es un factor importante en la ranicultura, ya que la rana tiene una relación íntima con ésta durante toda su vida, por lo que es necesario disponer de una cantidad y calidad de agua suficientes para mantener el sistema. Además de cumplir con ciertas características fisicoquímicas y biológicas para permitir un desarrollo adecuado del organismo.
- e) pH: es una condición que ejerce gran influencia en la disponibilidad de nutrientes y concentración de toxinas (Benítez, 2012). La mayoría de especies toleran valores de pH entre 6 y 9, es un rango bastante amplio que se considera superior al rango de variaciones que normalmente se presentan en el medio natural (Corral y col., 2000). Para renacuajos y ranas el pH ideal, según Carvalho y Trazzi, 2000, se encuentra entre 6 y 7. Un agua con pH fuera de este rango se vuelve de carácter toxico para la mayoría de los sistemas acuáticos (Benítez, 2012).
- f) Alcalinidad: es la concentración total de bases en el agua expresada CaCO_3 . La alcalinidad es una medida de la capacidad de una muestra de agua de resistir cambios en su pH. Las aguas que contienen una mayor concentración de bases tendrán una mayor capacidad de amortiguamiento natural, y el agua sufrirá pocos cambios de pH (Meyer, 2004).
- g) Dureza: La dureza es la concentración total de iones metálicos divalentes en el agua, principalmente iones de calcio Ca^2 y de magnesio Mg^2 . Éstos son elementos importantes en la productividad de sistemas acuáticos naturales y de sistemas acuícolas (Meyer, 2004).
- h) Oxígeno: una de las partes más importantes de los sistemas acuícolas al ser indispensable para la respiración de los organismos y facilita la degradación de la materia orgánica detrítica y es parte fundamental en la realización de los

ciclos bioquímicos de los organismos (Corral y col., 2000). Dentro de un sistema de cultivo, para mantener la cantidad correcta de oxígeno, las aguas se colocan en movimiento o se utiliza aireación artificial (Benítez, 2012).

- i) Dióxido de carbono: el contenido en CO_2 en el agua es debido a la respiración aeróbica de los organismos, sus niveles aumentan con la elevación de la temperatura, la salinidad, y disminuyen con los descensos de la temperatura, la salinidad y con la actividad fotosintética. El CO_2 interfiere proceso de absorción de O_2 de los organismos acuáticos, éstos pueden tolerar concentraciones elevadas de CO_2 (hasta 60 *ppm*) mientras haya suficiente O_2 para sus proceso biológicos, de lo contrario comienza la mortandad en el cultivo (Meyer, 2004).

- j) Amoniaco: es el principal producto del metabolismo de las proteínas en organismos acuáticos; en el agua el amoniaco producido puede estar presente en dos formas: como amoniaco amonio (no-ionizado) o en la forma de amonio ionizado (Meyer, 2004). El amoniaco es muy tóxico para los peces puesto que disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, por su parte el amonio ionizado es relativamente inocuo, excepto a niveles muy elevados. Concentraciones de amoniaco de 0.3 *ppm* de amoniaco pueden impedir el crecimiento y normal desarrollo de los organismos, mientras que cantidades superiores a 2 *ppm* pueden ser letales (Meyer, 2004).

- k) Nitratos y nitritos: una concentración elevada de este compuesto aumenta la mortalidad del organismo, así como el desarrollo de bacterias que afectan la salud del mismo, a concentración adecuada de nitratos es de 0.2 *ppm* como máximo, mientras que de nitritos es de 0.05 *ppm* (Vargas *et al.*, 2011).

MOTIVACIÓN

En México la explotación de ranas representa una fuente de ingresos importante (Chávez *et al*, 1995). La *Lithobates forreri* es una especie que se utiliza con fines de alimentación, estudios de laboratorio y representa un papel importante en la cadena trófica (Laufer *et al.*, 2008, De león 2014). Sin embargo al carecer de tecnologías y el desconocimiento de sus condiciones para la producción en cautiverio de la misma, se ha mermado la población silvestre por lo que sea considerada como una especie sujeta a una protección especial (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Por lo tanto es necesario establecer un sistema de cultivo de esta especie en cautiverio, para esto es necesario conocer las condiciones de cultivo de la rana leopard tales como temperature, calidad de agua, alimentación y densidad de carga.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

La determinación de las condiciones de cultivo para *Lithobates forreri* permitirá desarrollar un biosistema propicio para su producción.

Objetivo General

Determinar las condiciones de cultivo para *Lithobates forreri* y desarrollar un biosistema para su producción.

Objetivos particulares

- Establecer las características físico-químicas del agua en renacuajo de *Lithobates forreri*.
- Determinar la densidad de carga y la cantidad proteica en etapa de renacuajo y metamorfosis de *Lithobates forreri*.
- Determinar la densidad de carga y cantidad proteica en etapa juvenil de *Lithobates forreri*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El área de estudio se ubica en el Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicada en la comunidad de Amazcala municipio del Marques Querétaro, localizada en el sector suroeste del estado, entre los 20° 31' y 20° 58' de latitud norte con longitud de 100° 09' y los 100° 24' del oeste a 1850 metros sobre el nivel del mar. Se llevó a cabo en las instalaciones de la unidad acuícola.

Material biológico

El material biológico de esta prueba fue proporcionado por la empresa Aquanimals S. de R.L. de C.V y RanaMex de Guasave, Sinaloa.

Se utilizaron renacuajos de *Lithobates forreri* en la etapa 21 de la escala de Gosner (1960) con un peso de 0.536 ± 0.005 g (Fig 1). Estos renacuajos se obtuvieron de ranas leopardo previamente adecuadas a las condiciones del invernadero.



Figura 3 Estanques usados para el experimento

Materiales

Para la determinación de las variables físico-químicas del agua se utilizó el equipo Hatch HQ40d para monitorear la temperatura (°C), oxígeno disuelto y pH. para obtener los datos.

Para las pruebas con renacuajos se utilizaron estanques de 400 L, pero se utilizaron jaulas de 30 L para poder realizar la prueba con sus tratamientos en los renacuajos (Figura 3). Utilizando un sistema de recirculación (Filtro BOYU, modelo EFU-15000) para evitar el recambio diario de agua.

Para las ranas se utilizaron los estanques ya instalados en la unidad acuícola del campus Amazcala.



Figura 4 Renacuajos en etapa 21 Gosner

Establecimiento las características físico-químicas del agua en renacuajo de *Lithobates forreri*

Durante el periodo de experimentación se monitorearon las características del agua, analizando el oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, amonio, temperatura, pH. Lo cual nos permitió estimar el rango de variaciones de la calidad de agua en el sistema que, al tratarse de anfibios en etapa larvaria, podrían ser similares a los reportados en su pariente la rana toro (Ferrerira, 2003). Además se purgó el filtro cada semana para evitar el ruido en el periodo experimental.

Para el análisis de agua se utilizó el espectrofotómetro DR6000 marca Hatch utilizando los métodos 8039 para nitratos, 8057 para nitritos y 8038 para el amonio

Determinación la densidad y la cantidad proteica en renacuajo de *Lithobates forreri*

Para la determinación de la densidad y el alimento se realizaron 8 y un control tratamientos con 3 réplicas por tratamiento con una unidad experimental de 30 individuos por tratamiento. Los tratamientos son los siguientes: 1 renacuajo L⁻¹ (o 1 ind/L), 0.5 renacuajos L⁻¹ (o 1 ind/1.5L) y 0.3 renacuajos L⁻¹ (o 1 ind/3L) con un alimento del 30%, 35% y 40% de proteína (Cuadro 4).

Se utilizó un diseño de bloques al azar ya que existe un gradiente de cambio en cuanto a la posición del sol en el invernadero. Los bloques se realizaron utilizando individuos del mismo tamaño por bloque. La duración del experimento fue de 120 días, realizando biometrías cada 10 días.

Cuadro 4 *Tratamientos en etapa de renacuajo de Lithobates forreri*

Tratamiento	Densidad L⁻¹	% de Proteína
Control	1	40
T1	1	35
T2	1	30
T3	0.6	40
T4	0.6	35
T5	0.6	30
T6	0.3	40
T7	0.3	35
T8	0.3	30

Se midieron las siguientes variables de respuesta: tasa de crecimiento, tasa de sobrevivencia, y la tasa de metamorfosis (Bellakhal *et al.*, 2014). Para ello se realizaron biometrías semanales para determinar el tamaño y peso de los animales.

Para determinar las diferencias significativa entre tratamientos los datos obtenidos durante las pruebas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confianza.

Determinación de la densidad de carga y cantidad proteica en etapa juvenil de *Lithobates forreri*

Para la determinación de estas condiciones se realizó un diseño experimental completamente al azar con una unidad experimental de 30, 40 y 60 individuos sin repeticiones. El el cuadro 5 muestran los tratamientos, se utilizaron alimentos de 30 y 40 % de proteína y tres densidades 30 *ind/m2*, 40 *ind/m2* y 60 *ind/m2*.



Figura 5 Juvenil de *L. forreri*

Se medieron las variables en peso de los individuos en un periodo de dos meses, además se les suministró larva de mosca para que el animal acepte el pellet en el alimento.

Cuadro 5 *Tratamientos en etapa juvenil de Lithobates forreri*

Tratamiento	Densidad m⁻²	% de Proteína
Control	60	40
T1	60	30
T2	40	40
T3	40	30
T4	30	40
T5	30	30

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas del agua en renacuajo de *Lithobates forreri*

En el periodo de experimentación se monitorearon las características físico-químicas del agua, ya que tienen relación directa con el desarrollo del renacuajo, pero en este experimento al usar un sistema de recirculación las condiciones se mantuvieron un tanto similares como se observa en el cuadro 6, donde las condiciones no varían de manera significativa y además son valores cercanos a los que nos describen en la bibliografía (Vargas *et al.*, 2011).

Cuadro 6 Variables de la calidad de agua obtenidas en el experimento

Variable	Valores Registrados	Valores reportados (Vargas <i>et al.</i> , 2010)
O. D. (ppm)	7.79±0.3	6-12
pH	7.81±0.32	6.5-7
Nitratos (mg/L)	0.05±0.04	0-0.2
Nitritos (mg/L)	0.02±0.02	0-0.05
Amoniaco (mg/L)	0.04±0.03	0- <0.10
Temperatura (°C)	19.8±4.4	18-30

Densidad y alimentación en renacuajo de *Lithobates forreri*

Ganancia en peso

Durante el periodo de experimentación se obtuvo que en el primer mes los renacuajos del tratamiento 1 (1 ind/3L) tuvo diferencias significativas con respecto a los tratamientos 2 y 3 (1 ind/1.5L y 1 ind/L respectivamente), sin embargo transcurridos los días de experimentación, en los siguientes dos meses, no se observó significancia entre tratamientos.

Durante el primer mes se obtuvieron renacuajos de 3.016 g en T1, 2.351 g en T2 y 2.153 g en T3 (Figura 4). Mientras que en la parte final del experimento se obtuvieron individuos de 4.147 g en T1, 3.877 en T2 y 4.222 en T3. Obteniendo así que la densidad no afecta al cultivo de renacuajos, a excepción de la primer etapa del renacuajo la cuál es 1 ind/3L.

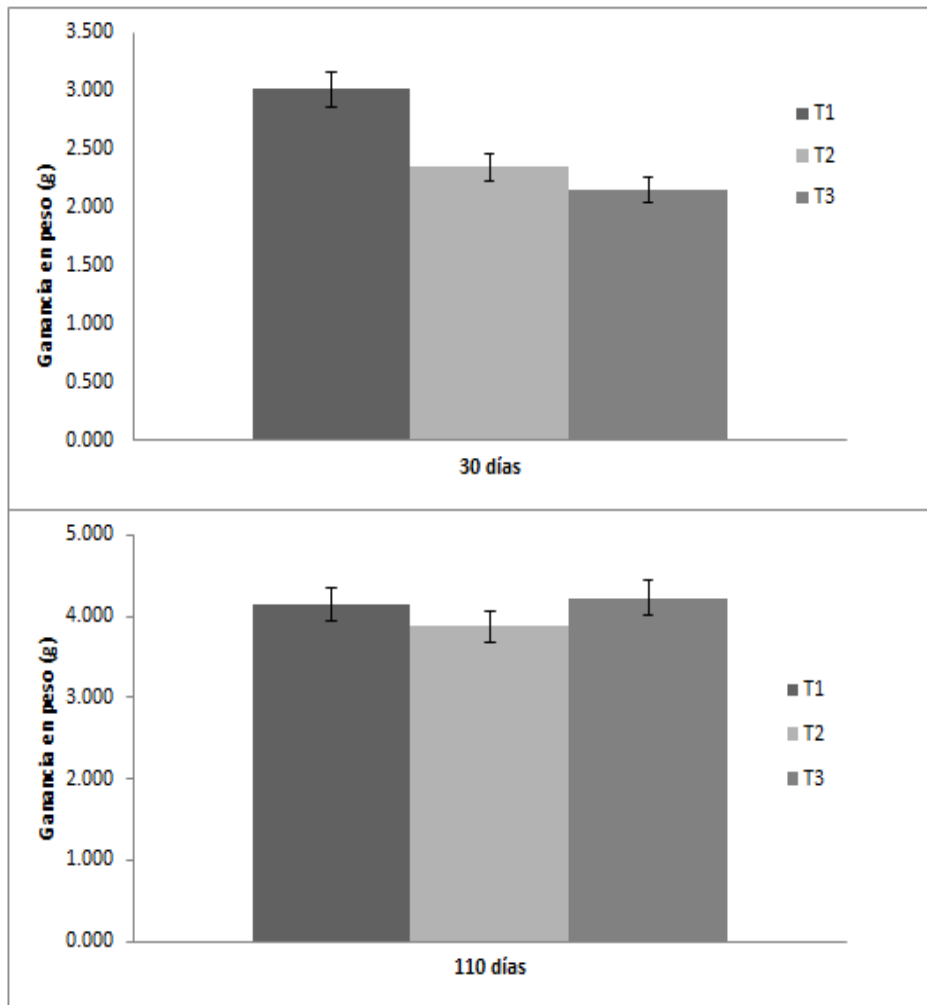


Figura 6 A. Durante el primer mes del experimento se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo B. al final del experimento los tratamientos no tuvieron diferencias

Tasa de sobrevivencia

El efecto de la densidad sobre la tasa de sobrevivencia de los animales nos muestra que una densidad de 1 ind/L (T3) es la adecuada para esto, ya que tiene una tasa de 98.1% y es estadísticamente significativo con respecto al T1 y T2 (91.67% y 88.65% respectivamente). En la Figura 5 se puede apreciar que a partir del día 70 los renacuajos en los tratamientos 1 y 2 empezaron a decaer llegando a un punto en el cuál mantuvieron estable su población hasta la metamorfosis.

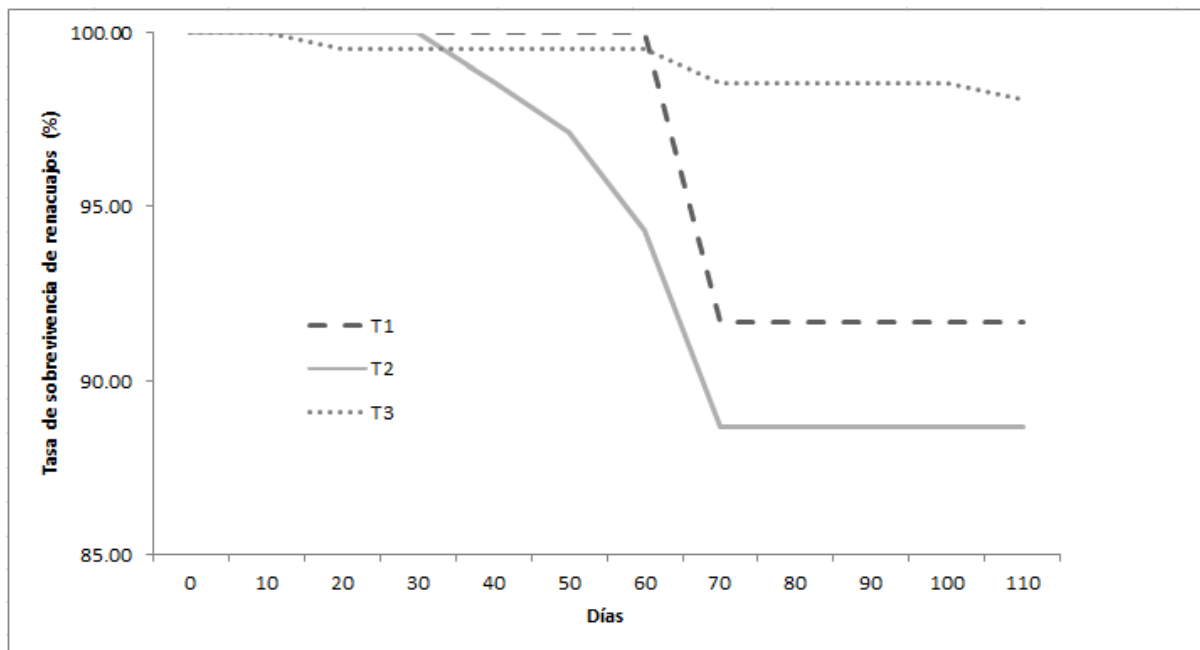


Figura 7 Tasa de sobrevivencia: en T1 y T2 a partir del día 70 la población decayó pero se mantuvo estable hasta el final del experimento.

Tasa de metamorfosis

En la Figura 6 se observa la tasa de metamorfosis la cual para el T1 fue de 37.5 %, T2 de 21.28 % y T3 de 9.05%. El T1 de 1 ind/3L es el tratamiento con mejor rendimiento en cuanto a metamorfosis, sin embargo al realizar el análisis estadístico se encontró que no existían diferencias entre tratamientos, pero al relacionar los datos obtenemos que el mejor tratamiento es el T1 por ganancia en peso al inicio del estudio (30 días) y por su tasa metamórfica. Por lo que se puede inferir que debe existir un manejo adecuado del renacuajo en cada una de sus etapas en la escala de Gosner (1960).

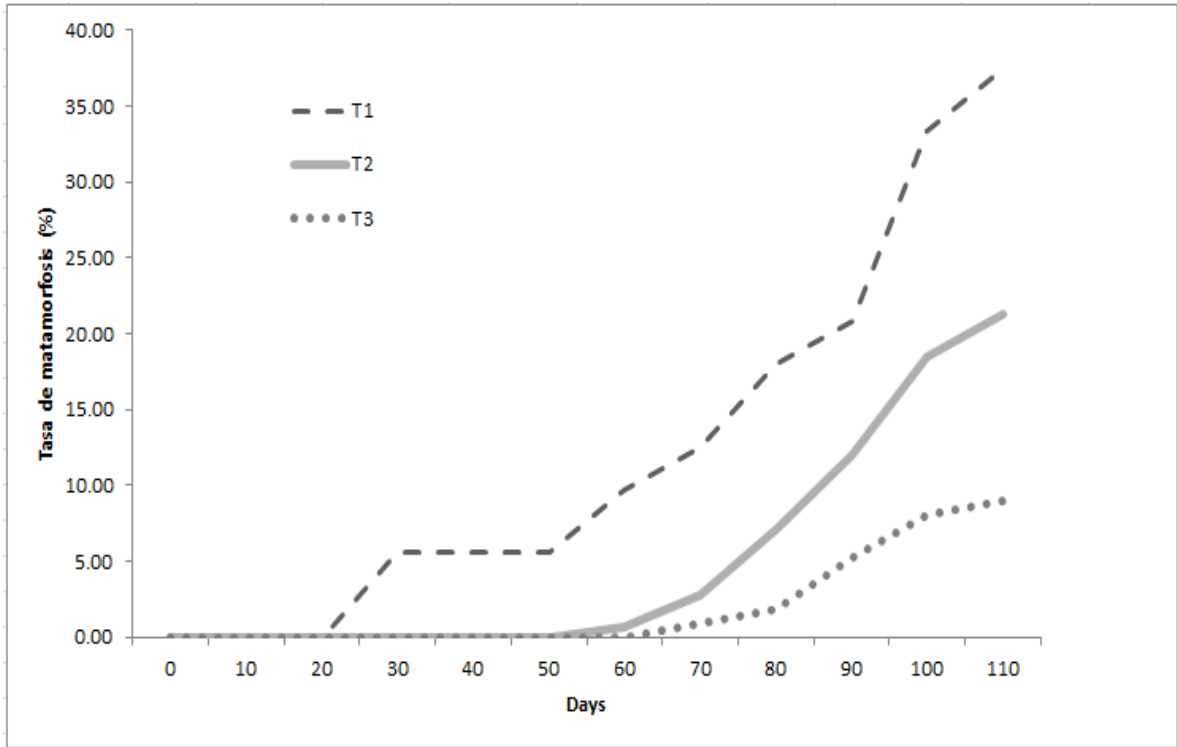


Figura 8 Tasa de metamorfosis donde T3 tuvo mayor porcentaje

Efecto de la alimentación

En la Figura 7 se puede observar el efecto en la alimentación combinado con la densidad que el control es el tratamiento adecuado para el cultivo de la rana leopardo, sin embargo existen tres tratamientos que están a la par del control (T5, T6, T8). La ganancia en peso en gramos final por cada tratamiento fue: C: 5.3, T1: 3.8, T2: 2.8, T3: 5.7, T4: 2.9, T5: 3.9, T6: 3.9, T7: 3.8 y T8: 3.3.

Como se puede observar en el Cuadro 7 el mejor tratamiento fue el Control ya que sus condiciones de cultivo pueden llegar a ser similares con las de rana toro, sin embargo se puede observar que los tratamientos T5, T6 y T8 tienen una respuesta similar en cuanto a las variables medidas, lo que nos dice que el renacuajo tiene un rango de adaptabilidad mayor.

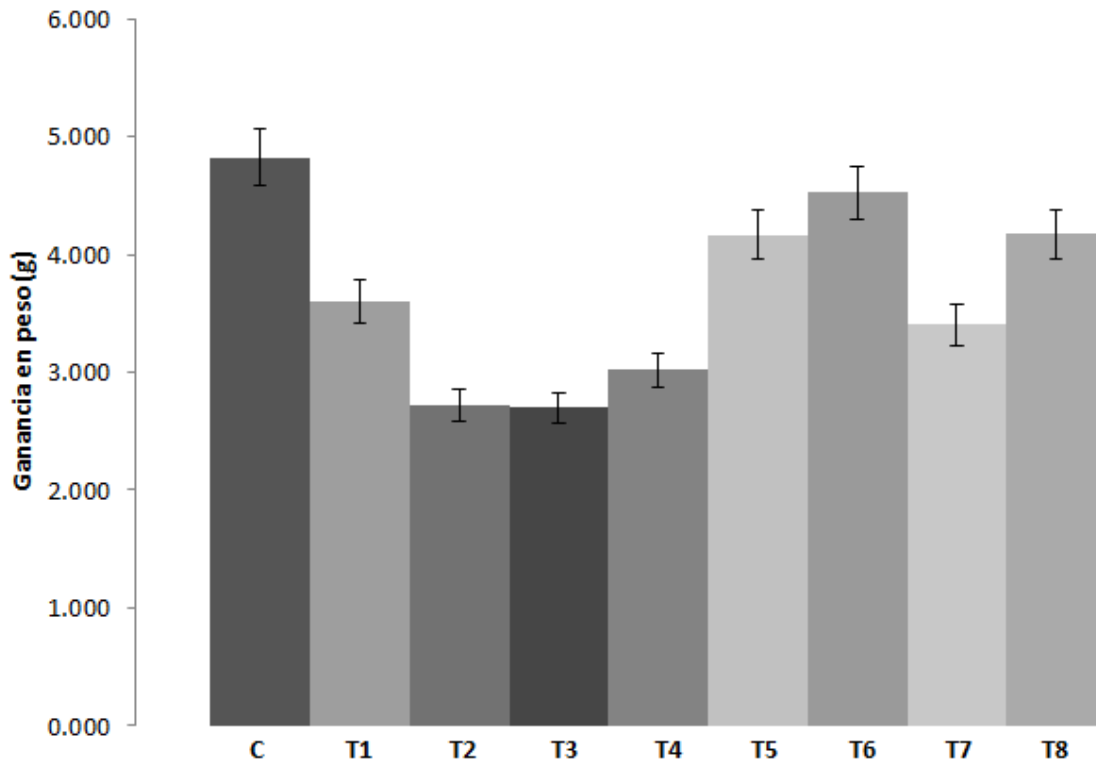


Figura 9 Efecto de la alimentación en renajujos de *L. forreri*

Determinación de la densidad de carga y cantidad proteica en etapa juvenil de *Lithobates forreri*

Al inicio del experimento tuvimos ejemplares de 10 g en promedio en las tres diferentes densidades, al final del mismo obtuvimos ejemplares de 18 g en promedio. Donde el Tratamiento 3 y 5 tuvieron diferencias significativas entre los demás tratamientos, sin embargo entre ellos no hubo diferencias significativas (Figura 8), por lo que el mejor tratamiento para la crianza de juveniles de rana leopardo es el tratamiento 3 (40 ind/m² y 30% de proteína).

Cuadro 7 Variables de respuesta en renacuajos de *L. forreri* (resumen)

Tratamiento	Crecimiento (%)	Sobrevivencia (%)	Metamorfosis (%)
C	4.827±0.21 ^a	98±1.2 ^a	27.03±1.5 ^c
T1	3.603±0.25 ^b	82.3±0.9 ^d	22.6±0.2 ^d
T2	2.716±0.2 ^c	76.2±1.2 ^e	21.2±0.4 ^d
T3	2.676±0.19 ^c	88±1.8 ^c	31.5±1.2 ^b

T4	3.018±0.2 ^c	85.5±1.6 ^d	27.3±1.1 ^c
T5	4.197±0.2 ^a	77.8±2.6 ^e	26.5±0.9 ^c
T6	4.526±0.18 ^a	91±1.1 ^b	37.5±2.4 ^a
T7	3.403±0.22 ^b	87.2±1.5 ^c	30.2±2.2 ^b
T8	4.177±0.32 ^a	83.7±1.7 ^d	27.8±1.1 ^c

Valores con superíndices diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$).

DISCUSIÓN

Determinación de las condiciones físico-químicas en renacuajos de *Lithobates forreri*

De acuerdo con Munguía, *et al.*, 2015 entre mayor sea la densidad el consumo de oxígeno es más rápido, sin embargo nosotros al utilizar una densidad homogénea los resultados no pudieron ser visibles ya que la alimentación no juega un papel importante, estadísticamente hablando, en la respiración de los animales y por consecuencia en su metabolismo (Okie, 2012). Afortunadamente este experimento nos mostró que la condición con más potencial de estudio es la densidad, en esta especie, ya que condiciona las demás variables de respuesta. También se definieron las variables que causan daño en el renacuajo, obteniendo que el pH de 9 el renacuajo tiende a realentizar su metabolismo, de igual manera la concentración de

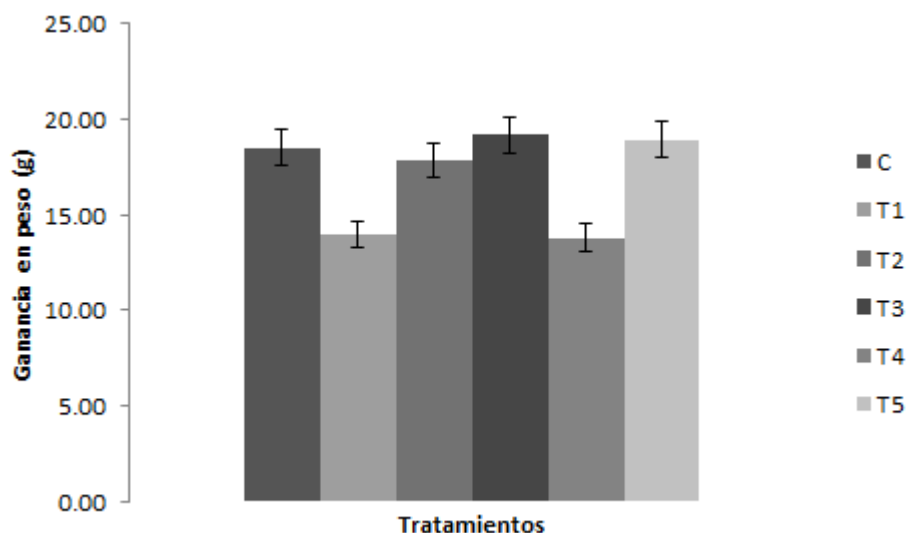


Figura 10 Ganancia en peso de ranas juveniles (*L- forreri*)

oxígeno de 1.4 ppm muestra que causa daño en el renacuajo (Ferreira, 2003, Okie, 2012). En comparación con el renacuajo de rana toro, la rana leopardo muestra

mayor resistencia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua ya que la rana toro tiene un nivel mínimo de 3 ppm de OD (Vargas, *et al*, 2010).

En cuanto a la temperatura los renacuajos de rana toro tienen un rango de 18-30 °C en el cual no se le ve afectado el desarrollo, en cuanto a crecimiento y metamorfosis (Ferrerira 2003), en cuanto a nuestros resultados podemos observar que mantuvieron una temperatura dentro del rango de la rana toro, lo cual nos indica que es posible criarlos en esas mismas condiciones, así también sucede las concentraciones de compuestos nitrogenados (amonio, nitratos y nitritos). De acuerdo a nuestros resultados pudimos observar que de acuerdo con Mayer 2004 la concentración de amonio afecta directamente al desarrollo pasando los 0.3 ppm, esto en peces, pero en renacuajos Ferrerira 2003 y Vargas *et al.*, 2011 nos mencionan que el límite máximo de este compuesto es de 0.07 ppm en cultivo de rana toro, este valor se menciona como límite máximo sin daño aparente, en el experimento obtuvimos un valor de 0.04 ppm de amonio en el agua con una desviación estándar de 0.03 ppm lo que nos indica lo ya mencionado que son condiciones similares a las del renacuajo de rana toro. Sin embargo no se sabrá con certeza si el impacto de estas variables beneficiarán o afectarán el desarrollo de los animales.

Efecto de la densidad

En el presente estudio se muestra que los tratamientos en cuanto a ganancia en peso no tienen diferencias entre sí, sin embargo al observar que el T1 (1ind/3L), en el primer mes del experimento (Figura 4), existen diferencias significativas entre el T1 y el T2, T3, por lo que se puede inferir que entre menor sea la densidad mayor será el crecimiento, tal y como lo menciona Mungía, *et al.* (2015), pero este es mencionado en *Rana catesbeiana*, por lo que para nuestro objeto de estudio es un punto inicial para poder realizar un manejo adecuado de esta especie. Sobre el por qué no existió diferencia estadísticamente significativa en ganancia de peso Kehr, *et al* (2013) nos da un indicio de que entre volúmenes de agua más grandes los renacuajos tienden a aumentar su tamaño y peso, esto se puede explicar en las Figura 5 y 6 donde se observa que el cambio a rana y la muerte de varios individuos provocó un ligero aumento en el volumen de agua total por reja y en consecuencia el aumento de peso es similar. Los resultados en la etapa final de experimento también pueden atribuirse a la pausa de la alimentación durante el clímax de metamorfosis

se acuerdo a Crespi y Denver (2005) los renacuajos se mantiene vivos con los nutrientes absorbidos de la cola. Además podría decirse que la densidad es independiente a la ganancia en peso a partir de los dos meses de siembra.

La tasa de sobrevivencia (Figura 5) del 98.1% en el T3 y en relación con la ganancia en peso, el análisis estadístico ($P > 0.05$) nos muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, nos indica que entre mayor sea la densidad el peso se mantendrá en una tendencia ascendente de forma constante, pero con una mayor sobrevivencia. Sin embargo en los estudios de Mungia, *et al.* (2015) la tendencia es inversa, en su estudio nos indica que en una densidad de 1ind/3L la sobrevivencia es mayor, en cambio disminuye conforme aumenta la densidad. Mientras que Bellakhal *et al.* (2014) la densidad de 1ind/L es mayor en comparación con las densidades más bajas. Por lo que nuestros resultados sugieren que en *Lithobates forreri* entre mayor sea la densidad la sobrevivencia aumenta.

La tasa de metamorfosis está ligada a la ganancia en peso y a la caída del mismo ya que de acuerdo a Crespi y Denver (2005) los renacuajos, al entrar en metamorfosis, obtienen sus nutrientes de la cola, provocando una caída en su peso. Nuestros

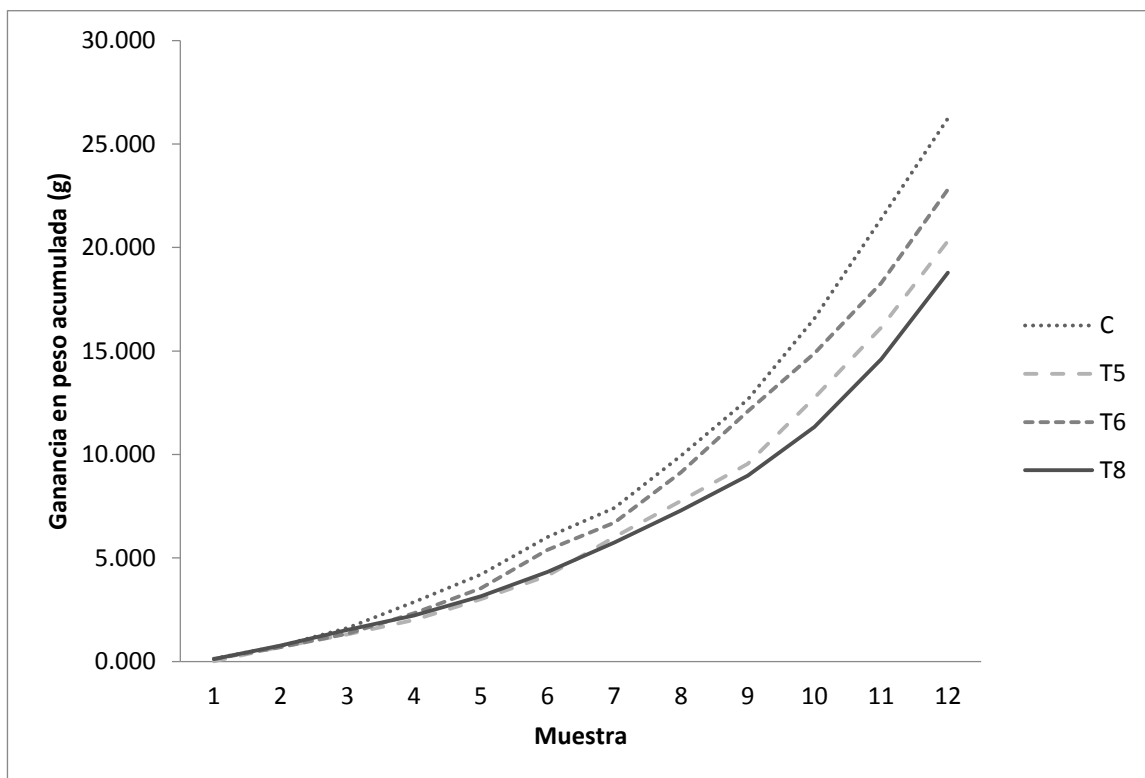


Figura 11 Efecto de la alimentación en los tratamientos con diferencia significativa

resultados nos indican que en densidades de 1 *ind/3L* es la adecuada para obtener una mayor tasa de metamorfosis, en esta especie. Bellakhal *et al.* (2014) indica que una densidad de 1 *ind/L* tiene mayor porcentaje de metamorfosis. En *Rana catesbeiana* se encontró que entre mayor sea la densidad la tasa metamórfica aumenta, pero afecta la sobrevivencia y el tamaño en peso, como lo vimos en este estudio (Mungia *et al.*, 2015). Una densidad de 1 *ind/L* tiene mayor sobrevivencia, pero un menor porcentaje de metamorfosis así como un cambio de peso constante. Hay que tomar en cuenta que los resultados de este estudio podrían abrirnos las puertas para generar un manual de manejo en la crianza de renacuajos de *Lithobates forreri*, donde la densidad adecuada para el manejo de los animales es 1 *ind/3L*.

Efecto de la alimentación

De acuerdo con Olvera-Novoa, *et al.*, 2007 el porcentaje de proteína que debe tener un alimento para ranas es del 40%. Sin embargo al realizar este experimento, en una especie en la cual no se ha estudiado dicho efecto, se demostró que de cierta manera es correcto ya que el control (40%) tuvo mejores resultados que los demás tratamientos, aunque es preciso identificar que se obtuvo en una densidad del 1*ind/L* y que a mayor densidad el efecto del alimento disminuye en la ganancia de peso. En párrafos anteriores observamos que la densidad no tenía un efecto significativo en el crecimiento de los renacuajos, sin embargo al realizar experimentos con diferentes cantidades protéicas se obtiene que tres tratamientos son significativos estadísticamente, los cuales son T5, T6 y T8, sin tomar en cuenta el control, y ahora ¿por qué tendría importancia? Los tratamientos corresponden a 1 *ind/1.5L* y 30% de proteína, 1 *ind/3L* y 40% de proteína, y 1 *ind/3L* y 30% de proteína. Estos tres tratamientos tienen un efecto cercano al tratamiento control y si se puede observar sólo el T6 coincide con el control, sólo difiere en su densidad, mientras que los demás sólo son de 30% de proteína con distintas densidades. El punto que se debe tocar aquí es el siguiente: para una producción intensiva de rana *forreri* sería necesaria la aplicación del tratamiento control ya que ahorras espacio y tiempo para la metamorfosis, sin embargo el costo del alimento es mayor, por su contenido protéico (Purina). En cuanto a costo-beneficio el T5 se encuentra mejor parado ya

que la producción es cercana al intensivo, el animal se desarrolla normalmente y requiere un alimento de menor costo (Vargas *et al.*, 2011).

Determinación de la densidad y cantidad protéica en juveniles de rana leopardo

Los resultados del estudio demuestran que una alimentación que cuente con un 40% de proteína, es adecuada para el cultivo de rana leopardo desde su estadio en renacuajo; sin embargo los datos mostraron que podemos obtener resultados similares con un porcentaje de proteína menor al publicado con el homologo de nuestro objeto de estudio (Olvera-Novoa, *et al*, 2007).



Figura 12 Juvenil *L. forreri* posterior al experimento

Una situación similar se observa en los juveniles de la rana leopardo ya que de acuerdo a la bibliografía el 40% de proteína, también, es el adecuado para el crecimiento y engorda de la especie de rana toro (Olvera-Novoa, *et al*, 2007). Sin embargo existen efectos positivos al utilizar una densidad de carga relativamente baja (40 *ind*) con un porcentaje de proteína bajo (30%) lo que en un cultivo de ciclo completo o medio ciclo puede aprovechar por los bajos costos de la proteína.

El espacio para estas ranas también es crucial ya que la densidad es muy baja y para un cultivo intensivo se requiere un mayor espacio para esta especie, por lo que

se podría recomendar la aplicación de un sistema de medio ciclo con una producción semi-intensiva (FAO, 2013, Vargas *et al*, 2010).

CONCLUSIONES

Hay que tomar en cuenta dos puntos clave en esta investigación:

- a) Para poder comprender a esta especie es posible utilizar datos e información del cultivo de rana toro, ya que pertenecen al mismo género.
- b) Es posible realizar un cultivo de rana leopardo utilizando los mismos procesos que con la rana toro, sin embargo esta especie puede manejarse con condiciones más favorables y amigables para el productor: Utilizar un alimento con un 30% de proteína y la aplicación de densidades medias en cada una de sus etapas (Renacuajo 1 *ind/3L* y en rana 40 *ind/m²*), con un sistema de recirculación o con recambios de agua diarios.

Con respect a las variables de calidad de agua se puede descartar una influencia en el impacto de la supervivenciay metamorfosis, pero es necesario un estudio por cada variable de la calidad de agua para determinar una posible influencia ya sea negativa o positive en el desarrollo del renacuajo de *Lithobates forreri*.

Esta investigación es el punto de partida para la realización de procesos para el cultivo de la rana leopardo en cautivero, para que en un futuro no muy lejano se pueda satisfacer la demanda y posteriormente evitar la merma en estado silvestre, sacando a la especie de la norma.

REFERENCIAS

1. Aguirre Becerra H.; 2013. Diseño e implementación de un sistema de incubación de renacuajos de rana toro basados en el control de intensidad luminosa y temperatura. Tesis de maestría. Unidad de Biosistemas, Facultad de Ingeniería. UAQ.
2. Altherr, S., Goyenechea, A., & Schubert, D. J. (2011). *Canapés to Extinction: The International Trade in Frog's Legs and Its Ecological Impact*. Pro Wildlife.
3. Bambozzi, A. C., SEIXAS-FILHO, J. D., Thomaz, L. A., Oshiro, L. M. Y., Braga, L. G. T., & Lima, S. L. (2004). Efeito do fotoperíodo sobre o desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1(1), 1-7.
4. Bellakhal M., Neveu A., Fartouna-Bellakhal M., Missaoui H., Aleya L.; 2014. Effects of temperature, density and food quality on larval growth and metamorphosis in the north African green frog *Pelophylax saharicus*. *Journal of thermal biology*, 45, 81-86.
5. Benítez M. A.; 2012. Biología, Ecología e Investigación Sobre el Langostino de Río *Macrobrachium carcinus*. Palibrio
6. Browne, R. K., Pomeroy, M., & Hamer, A. J. (2003). High density effects on the growth, development and survival of *Litoria aurea* tadpoles. *Aquaculture*, 215(1), 109-121.
7. Carmona-Osalde, C., Olvera-Novoa, M. A., Rodríguez-Serna, M., & Flores-Nava, A. (1996). Estimation of the protein requirement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles, and its effect on metamorphosis ratio. *Aquaculture*, 141(3), 223-231.
8. Carvalho-Castro J., Trazzi-Pinto A.; 2000. Qualidade da Água em Tanques de Girinos de Rã-Touro, *Rana catesbeiana* Shaw, 1802, Cultivados em Diferentes Densidades de Estocagem. *Rev. Bras. Zootec.* Vol. 29(6): 1903-1911.
9. Cary T. L., Ortiz-Santaliestra M. E. and Karasov W. H.; 2014. Immunomodulation in Post-metamorphic Northern Leopard Frogs, *Lithobates pipiens*, Following larval exposure to polybrominated diphenyl ether. *Environmental Science & Technology*. 48:5910-5919.
10. Casillas T. M.; 1999. El cultivo de la rana toro. Nuevas oportunidades de negocios en la acuicultura. *Boletín informativo, Morelia, Michoacán*. 1:8-12.

11. Corral M. L., Grizel H., Montes J., Polanco E.; 2000. La acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial. Análisis del desarrollo de los cultivos: medio, agua y especies. Tomo I
12. Chávez E. A., Valdez-Ornelas V. A., Salgado-Barragán J.; 1995. La explotación y disponibilidad de rana en el noreste de México. *Ciencia Ergo Sum*. Vol 2(3):361-366.
13. De León Ramírez J. J.; 2014. Adecuación de *Lithobates pipiens* para su crianza bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UAQ
14. Degenhardt W. G., Painter C. W., Price A. H.; 1996. Amphibians and reptiles of New Mexico. University of New Mexico Press. Albuquerque.
15. Degenhardt W. G., Painter C. W., Price A. H.; 1996. Amphibians and reptiles of New Mexico. University of New Mexico Press. Albuquerque.
16. ema. 2014. Manual de buenas prácticas de Laboratorios. P MP-FP006-00. Entidad mexicana de acreditación, a. c., México.
17. FAO. 2013. Cultured Aquatic Species Information Programme *Rana catesbeiana* (Shaw, 1862)
18. Ferreira C. M.; 2003. A importância da água e sua utilização em ranários comerciais. *Panorama da Aquicultura*, 13(79), 15-17.
19. Figueiredo, M. R. C., Agostinho, C. A., Baêta, F. D. C., & Lima, S. L. (1999). Efeito da Temperatura sobre o Desempenho da Rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28, 661-667.
20. Fioranelli, S. A., Bernardis, A. C., Barboza, N. N., Mussart, N. B., Coppo, J. A.; 2004. Efecto de diferentes dietas sobre composición química de la carne de rana toro (*Rana catesbeiana*). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina.
21. Frost, J. S., & Bagnara, J. T. (1977). An analysis of reproductive isolation between *Rana magnaocularis* and *Rana berlandieri forreri* (*Rana pipiens* complex). *Journal of Experimental Zoology*, 202(3), 291-305.
22. García A. N.; 2005. Cultivo comercial de rana toro. Subdelegación de pesca, SAGARPA, Michoacán.
23. Gosner, K.L., 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16, 183–190.

24. Hayashi C., Martins-Soares C., Galdioli E. M., Barriviera-Furuya V. R., Boscolo W. R.; 2004. Desenvolvimento de Girinos de Rã-Touro (*Rana catesbeiana*, Shaw, 1802) Cultivados em Diferentes Densidades de Estocagem em Tanques-rede. R. Bras. Zootec. Vol. 33(1): 14-20.
25. Hayashi, C., Soares, C. M., Galdioli, E. M., Furuya, V. R. B., & Boscolo, W. R. (2004). Desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) cultivados em diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. *Revista brasileira de zootecnia*, 33(1), 14-20.
26. Hernández B. F.; 1996. La rana cría y explotación 2da edición. Editorial Mundiprensa. Madrid
27. Hernández B. F.; 1996. La rana cría y explotación 2da edición. Editorial Mundiprensa. Madrid.
28. ITIS. Integrated Taxonomic Information System.
29. Kupferbeg S. J.; 1997. Bullfrog (*Rana catesbeiana*) invasión of a California River: the roles of larval competition. *Ecology*. 78(6): 1736-1751.
30. Laufer G, Canavero, Núñez D., Maneyro R.; 2008. Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) invasión in Uruguay. *Biol Invasions*. 10:1183-1189.
31. Laufer, G., Canavero, A., Núñez, D., & Maneyro, R. (2008). Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) invasion in Uruguay. *Biological Invasions*, 10(7), 1183-1189.
32. Martínez, I. P., Álvarez, R., & Herráez, M. P. (1996). Growth and metamorphosis of *Rana perezi* larvae in culture: effects of larval density. *Aquaculture*, 142(3), 163-170.
33. Mazzoni R.; 2001. Ranicultura: Manual básico para inversores.
34. Meyer D. E.; 2004. Introducción a la acuicultura. Escuela agrícola panamericana. Zamorano, Honduras.
35. Montel M. G., Pasteris S. E., Ale C. E., Otero C. M., Bühler M. I., Nader-Macías M.E.; 2013. Cultivable microbiota of *Lithobates catesbeianus* and advances in the selection of lactic acid bacteria as biological control agents in raniculture. *Research in Veterinary*. 93(3):1160-1167.
36. Munguia-Fragozo, P. V., Alatorre-Jacome, O., Aguirre-Becerra, H., García-Trejo, J. F., Soto-Zarazúa, G. M., & Rico-García, E. (2015). Growth and Metabolic Effects of Stocking Density in Bullfrog Tadpoles (*Rana catesbeiana*)

- under Greenhouse Conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(4), 711-718.
37. Muñoz L. A., Pineda-Velázquez G.; 2001. Manual de producción comercial de Rana Toro. SEDAGRO. México.
 38. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.
 39. OCDE, 1998. OECD Principles of Good Laboratory Practice. Series on Principles of Good Laboratory Practice and Compliance Monitoring. P ENV/MC/CHEM(98)17. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris.
 40. Olvera-Novoa M. A., Ontiveros-Escutia V. M., Flores-Nava A.; 2007. Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). *Aquaculture*. 266:191-199
 41. Olvera-Novoa, M. A., Ontiveros-Escutia, V. M., & Flores-Nava, A. (2007). Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). *Aquaculture*, 266(1), 191-199.
 42. Pineda V. G.; 1998. Manual de producción de rana toro. SAGARPA.
 43. Ramírez B. A.; 2004. Ficha técnica de *Lithobates berlandieri*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO.
 44. Ricardéz-García J. L.; 2007. Manual de producción, cría y engorda bajo invernadero de Rana Toro (*Rana catesbeianus*) (Shaw 1802). Tesina. Universidad Autónoma de Querétaro.
 45. Saha B. K., Gupta B.B. P.; 2011. The development & metamorphosis of an endangered frog, *Rana leptoglossa* (Cope 1868). *International Journal of Advanced Biological Research*. Vol1(1):67-76.
 46. Sanders, O., & Smith, H. M. (1971). Skin tags and ventral melanism in the Rio Grande leopard frog. *Journal of Herpetology*, 31-38.
 47. Santos-Barrera, G., Chaves, G., Savage, J., Wilson, L.D. & Bolaños, F. 2008. *Lithobates forreri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T58599A11796501. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T58599A11796501.en>

48. Sipaúba-Tavares, L.H., Leite De Morais, J.C., Stéfani, M.V.; 2008. Comportamento alimentar e qualidade da água em tanques de criação de girinos de rã-touro *Lithobates catesbeianus*. Acta Sci. Anim. Sci. 30, 95–101.
49. Storer I. T., Usinger L. R., Stebbins C. R., Nybakken W. J.; 2003. Zoología general. Editorial Omega. Pp 727-740.
50. Trudeau V. L., Schueler F. W., Navarro-Martín L., Hamiton C. K., Bulaeva E., Bennett A., Fletcher W., Taylor L.; 2013. Efficient induction of spawning of northern leopard frogs (*Lithobates pipiens*) during and outside the natural breeding season. Reproductive Biology and Endocrinology. 11(14): 1-9.
51. Vargas U. G., Méndez B. L., Sánchez-M. R., Barrón-L R.; 2010. Manual de producción de rana toro. Subdelegación de Pesca, SAGARPA, Michoacán. Pp: 1-69.
52. Wright M. L., Blanchard L. S., Jorey S. T., Basso C. A., Myers Y. M., Paquette C. M.; 1990. Metamorphic rate as a function of the light/dark cycle in *Rana pipiens* larvae. Comp. Biochem. Physiol. Vol 96A(1): 215-220.