



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Preferencia de plantas para la oviposición del Ajolote  
*Ambystoma mexicanum* en condiciones de laboratorio ”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

ALMA ITZEL MARÍN MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ



## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del alumno

Marín  
Martínez  
Alma Itzel  
56 22 91 48  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
099203328

### 2. Datos del tutor

Dr.  
Luis  
Zambrano  
González

### 3. Datos del sinodal 1

Dra.  
Ruth  
Cecilia  
Vanegas  
Pérez

### 4. Datos del sinodal 2

Dra.  
Cecilia  
Robles  
Mendoza

### 5. Datos del sinodal 3

Dra.  
Gabriela  
Parra  
Olea

### 6. Datos del sinodal 4

Maestra  
Elsa Leticia  
Valiente  
Riveros

### 7. Datos del Trabajo escrito

Preferencia de plantas para la oviposición del Ajolote *Ambystoma mexicanum*  
en condiciones de Laboratorio  
37p  
2007

Gracias...

A Dios por haberme permitido llegar hasta este momento y contar con personas que me aman.

A la UNAM por ser la Institución que me lleno de conocimientos y reafirmo mi educación. Por hacerme sentir tan Orgullosa de pertenecer a ella.

A la Facultad de Ciencias y al Instituto de Biología por abrirme sus puertas al aprendizaje y a nuevas vivencias.

A Lalis por TODO lo que tuvo que aguantar junto a mí para terminar por fin esta tesis. Te Quiero!!

A mi director de tesis Dr. Luis Zambrano por guiarme en la elaboración de este trabajo, por su apoyo desde que iba en primer semestre, por su amistad y por sus regaños que aunque muchas veces dolieron dejaron algo bueno. Gracias por toda la paciencia que me tuviste y por aclararme una y otra vez mis dudas. Gracias por esta oportunidad Luis.

A Elsa Valiente por brindarme su amistad, ser parte de mi jurado y hacerme comentarios atinados para enriquecer más esta tesis. Gracias por ser un ejemplo a seguir.

A Cecilia Vanegas, Cecilia Robles y Gabriela Parra por aceptar ser parte de mi jurado y tomar parte de su tiempo para hacer críticas a mi tesis para hacerla un poquito mejor.

A mis compañeros de Laboratorio Elsa, Lupita, Sandra, Teo, Vicky, Daniel, Alejandro, Julio porque en varias ocasiones me apoyaron en mis experimentos o me aclararon alguna que otra duda.

A Toda mi familia por interesarse por lo que hago, y brindarme su apoyo cuando era necesario. Gracias por formar parte de mis alegrías.

A Roberto Altamirano por apoyarme en la recolección de plantas en Xochimilco.

A todas las personas que me haya faltado nombrar y que de cierto modo forman parte de este trabajo.

## Dedicatorias...

Esta tesis la dedico a mi Má por que sin TODO su apoyo jamás hubiera llegado hasta donde estoy, y aunque algún día dudo que este momento llegaría no me dejó sola ni un instante. Gracias por tu cariño, tus regaños, tus consejos y por tu esfuerzo por darme siempre lo mejor. Y Gracias por seguirme apoyando en todas las decisiones que tomo. Te Quiero Mucho!!

A mis Abues Gloria y Mario por su enorme cariño, su cuidado y su compañía. Gracias por ser los pilares de esta gran Familia, por mostrarme que nunca se está sola y que siempre podré contar con ustedes.

A Eduardo, el Amor de mi vida: porque siempre estás ahí, justo donde te necesito... a mi lado. Gracias por tu inmenso apoyo, por aguantar mis malos días y mi continuo estrés, por acompañarme tantas veces a recolectar plantas, armar tinajas y estar los fines de semana en el Lab. Gracias por los días felices en la Fac, las comidas en el puente y por hacer de la Universidad una experiencia realmente placentera. Gracias por tu inmenso Amor y Cariño. Más que esta tesis, deseo escribir una vida contigo. Te Amo

A mis primis Eric, Sonia, Ivan, Marlen y Xochitl por ayudarme a recolectar plantas para mis experimentos o acompañarme al instituto en fin de semana para darle de comer a mis bichos. A Carol, Gloria, Alex, Rodrigo, Edwin y Pao por estar enterados de que estaba haciendo.

A mis tiuchis Aida, Marco A, Moy, Faby, Lucy, Alejandro, Rebe y Aurelio por preguntar ¿porque te gustan esos animales (Ajolotes)?

A los que llegaron a la familia Naye, Mario, Gerardo, Jaime y a mis adorados sobrinos Mi nena consentida Joselyn y los 3 hermosos pequeños Axel, Israel y Jocsemi.

A mi buen amigo Armando por ser mi confidente y compañero de clases y prácticas en la facultad. A mis amigos por antigüedad Ivan, Yake, Chris y Robert por llamar de vez en cuando para saber sobre mis avances y para escucharme en mis días sombríos. Los quiero!

A Lulis por aguantar mis pláticas sin recriminación alguna y ser mi última compañía y a Camila por ayudarme a realmente querer a esos bichos.

A todos los que me apoyaron que no están aquí y sin embargo están.

## ÍNDICE

Agradecimientos	2
Dedicatorias	3
Índice	4
Resumen	5
Introducción	
Generalidades de <i>Ambystoma mexicanum</i>	6
Hábitat del Ajolote	8
Xochimilco como su hábitat actual	9
Preferencia hacia las plantas	11
Tipos de plantas	11
Ovoposición	12
Objetivos	
Objetivo General	15
Objetivos Particulares	15
Hipótesis	15
Materiales y Métodos	15
Mantenimiento de ajolotes	16
Resultados	
Cortejo	17
Ovoposición	17
Experimentos con plantas	21
Experimentos con estructuras	22
Discusión	25
Conclusiones	31
Referencias	32
Anexos	35

## RESUMEN

El ajolote es un anfibio neoténico endémico de los lagos de Xochimilco y Chalco en el Valle de México. Es de gran importancia biológica, cultural y científica. Tanto Xochimilco como Chalco se encuentran muy deteriorados, debido a que se encuentran dentro de la Ciudad de México. Aunado a este hecho, existe la presión generada por la introducción de especies exóticas que afectan el hábitat, generan una competencia por el alimento y ejercen depredación sobre especies nativas, como el ajolote. Las poblaciones de ajolote han disminuido en los últimos años. Un factor fundamental para su sobrevivencia son los sitios de ovoposición y de sobrevivencia para los huevos y juveniles, estados de mayor sensibilidad en su ciclo de vida.

Es probable que una causa de la disminución del ajolote pueda ser el cambio en el tipo de plantas que funcionan como sitios de ovoposición. Es indispensable conocer si existe una preferencia por parte del *Ambystoma mexicanum* hacia las plantas para llevar acabo sus desoves.

Por esta razón se realizaron experimentos en laboratorio con la finalidad de conocer la preferencia de ovoposición de ajolotes y así facilitar la posibilidad de sobrevivencia de las poblaciones de ajolote en su lugar de origen, reproduciéndose en su medio natural. Se realizaron 7 experimentos en sitios controlados utilizándose 4 plantas de diferente arquitectura (libre flotadora, enraizada de hojas flotantes, enraizada emergente y sumergible), y 7 experimentos con 3 tipos de estructura plásticas (rafia, tubular y hojas de plantas artificiales). Los resultados obtenidos indican que los ajolotes no muestran ninguna preferencia por alguna planta o estructura; posteriormente se desplazaron hacia una de mayor preferencia tengan. El número de huevecillos promedio por planta en cada puesta fue de 302.42 para el lirio (*Eichhornia crassipes*), 201.71 para la elodea (*Egeria densa*), 84.42 para el berro (*Berula erecta*) y 59.57 para el malacote (*Hydrocotyle ranunculoides*); en el caso de las estructuras el promedio fue de 514.42 para la rafia, 334.14 para las hojas y de 195.14 para los popotes.

Las dos plantas con mayor predilección por los ajolotes fueron la Elodea y el Lirio. Es posible que la preferencia esté relacionada al tipo de estructura que presenta la planta ya que tanto la Elodea como el Lirio presentan amplia cobertura sobre la superficie en la que se encuentran; además presentan una textura suave pero a la vez firme, misma que presento la rafia y las hojas de plantas artificiales.

En conclusión los ajolotes presentan una inclinación sobre aquellas estructuras (artificiales o naturales) que les brinden refugio al momento de ovopositar y tenga el suficiente soporte para depositar allí todos sus huevecillos.



## INTRODUCCIÓN

### Generalidades del *Ambystoma mexicanum*

El *Ambystoma mexicanum* está clasificado dentro de la clase Amphibia, orden Urodela, suborden Salamandroidea, familia Ambystomatidae (Larson *et al.*, 2003)

Este anfibio es un animal de complexión robusta, con un cuerpo aplanado lateralmente. Alcanza una talla adulta cercana a los 30 cm. de longitud y puede vivir hasta 20 años en condiciones favorables (Flageole y Leclair, 1992). Las hembras son de un mayor tamaño que los machos y con una complexión más robusta, la cabeza es de una menor longitud y más ancha (Sever, 2003). El ajolote presenta un pliegue cutáneo en la parte superior e inferior a lo largo de la cola, lo que le hace más fácil el nado y la propulsión. Sus extremidades anteriores y posteriores suelen ser pequeñas, además de que hay ausencia de una membrana interdigital (Ortega, 2000). El color que presenta es marrón grisáceo, negro grisáceo o verduzco y la parte ventral es de un color claro (Ortega, 2000).

A ambos lados de la base de la cabeza, el ajolote tiene tres ramas de branquias que a su vez se ramifican en forma de abanico y presentan un color rojizo. En el caso de los organismos adultos cuentan con branquias y sacos pulmonares que llenan aproximadamente cada 5 minutos al subir a la superficie (Larson *et al.*, 2003).

Este anfibio pertenece a un grupo de animales llamados *neoténicos inducibles*, debido a que el ajolote conserva durante toda su vida características propias de los juveniles (Sever, 2003). La madurez sexual de los ajolotes está controlada por el eje Hipotálamo-Hipófisis-Gonadal (Jørgensen, 1992), que controla la síntesis hormonal. Los ajolotes, hembras y machos, alcanzan su madurez sexual al mismo tiempo, es decir al año de vida, o a los 2 o 3 años si estos pasan por la etapa de metamorfosis y por cada puesta puede producir de 200 a 1500 huevecillos aproximadamente (Duellman Y Trueb, 1986). Durante el periodo en que la hembra está grávida muestra un abultamiento en el abdomen por la presencia de los huevos (Sever, 2003). Por otra parte tanto las hembras como los machos presentan cambios morfológicos y fisiológicos relacionados con los estados de reproducción, ya sea en los ovarios o en los testículos (Brandon, 1970; Baker, 1965).

Estos organismos poseen adaptaciones reproductivas especiales de los urodelos, como la fertilización interna y el almacenamiento de espermatozoides en la espermateca cloacal; estas adaptaciones le proporcionan grandes ventajas como: acoplamiento de pareja antes de llegar al sitio de ovoposición, sincronización de la espermatogénesis



y la oogenesis, separación de tiempos fisiológicos para el cortejo y la ovulación, incremento de oportunidades para múltiples cortejos etc. (Sever Y Brizzi 1998; Sever *et al.* 1995,1996).

El ciclo reproductivo de los ajolotes es anual y se da entre los meses de enero y marzo (Contreras, 2006) inducido por un descenso en la temperatura del agua. En los anfibios existe una gran diversidad en cuanto a los tipos de ovoposiciones y regularmente utilizan humedales como hábitat para la reproducción (Rubbo y Kiesecker, 2005). En el caso de *Ambystoma mexicanum*, la ovoposición es acuática ya que pertenece al grupo de los pedomórficos obligados (McDiarmid, 2001) y posteriormente lleva acabo el desarrollo larvario ahí mismo. Estos organismos pasan todo su ciclo de vida en el agua, habitando principalmente en canales y lagos. Requiere de agua muy oxigenada principalmente en estadios larvarios, ya que es determinante para su desarrollo y sobrevivencia (Valiente, 2006). El pH debe ser de 7.6 a 7.9 y a baja temperatura, entre 14° C y 20° C, bajando hasta los 10° C ya que esta temperatura favorecerá la reproducción. Prefieren lugares poco iluminados o con luz suave ya que son animales nocturnos que evitan la luz solar (Hom, 1987).

En cuanto a su crecimiento existen diversos factores que influyen directa o indirectamente sobre este como son la temperatura, oxígeno, densidad poblacional etc. (Tilley, 1968). El crecimiento de los anfibios es muy plástico y puede ser modificado manipulando los factores ambientales. Entre los factores que tienen mayor influencia sobre el crecimiento de los anfibios destacan los factores biológicos, físicos y genéticos.

Dentro de los factores biológicos que intervienen en el crecimiento se encuentra la alimentación. La alimentación no solo es un factor determinante en la talla de los ajolotes, ya que se relaciona con el buen estado de salud del organismo y su éxito reproductivo. Es decir que entre más abundante y de alta calidad sea la comida, mayor será la talla alcanzada por el individuo y más saludable estará (Indiviglio, 1997). La dieta de los ajolotes puede ser variada; en estadios larvarios esta compuesta por crustáceos, larvas de insectos, caracoles, anfipodos, zooplancton etc (Valiente, 2006). En los estadios adultos se alimentan principalmente de pequeños animales acuáticos e invertebrados, como larvas de insectos, frigánidos, larvas de efémeras y de quironómidos, lombrices, pequeños crustáceos, renacuajos de rana, trocitos de carne (Indiviglio, 1997). Por lo tanto si la dieta es abundante y variable, el organismo crecerá más rápido y de manera más saludable.

Además de los múltiples factores ambientales los factores físicos ó abióticos en particular, consideran a aquellos que brindan las condiciones adecuadas para que un organismo sobreviva (Petranka Y

Sih, 1986). Dentro de los factores físicos, existen diversas variables que intervienen en el crecimiento de los ajolotes entre los que destacan:

- Temperatura: este factor es determinante ya que ejerce efecto sobre la Tiroxina (hormona secretada por la glándula tiroides), la cual regula el crecimiento y desarrollo en general; a temperaturas por debajo del punto mínimo de tolerancia, la actividad de la tiroxina decrece abruptamente (Petranka, 1984).
- Oxígeno: el oxígeno es fundamental en el desarrollo de los ajolotes desde que son huevos ya que entre más oxígeno haya, es más rápido su desarrollo. Por otra parte la disminución de oxígeno en estadios embrionarios provoca la muerte (Salthe, 1967). En etapas de desarrollo adulto, el oxígeno no se muestra como un factor determinante para las poblaciones de ajolotes adultos (Valiente, 2006).
- Densidad Poblacional: el crecimiento depende en parte de la densidad; esto es que las larvas en altas densidades crecen más lentamente y la fase larvaria se prolonga por más tiempo (Petranka, 1984). Otros factores son que las altas densidades de organismos pueden estar relacionadas con una mayor competencia por alimento, producción de inhibidores del crecimiento y cambio de comportamiento influenciado por la alta concentración de sustancias hormonales.

Por último en el crecimiento también interfieren los factores genéticos. En los cromosomas de las células se encuentran los factores que se heredan de los progenitores; la dotación cromosómica va a marcar la velocidad de crecimiento del organismo y a la vez el tamaño que alcanzará al llegar a adulto. El tamaño del huevo del cual desciende el nuevo organismo se relaciona genéticamente con la madre, ya que los organismos de mayor edad y mayor tamaño producen descendientes con mayor adecuación (Stearns Y Koella, 1986).

### **Hábitat del ajolote.**

En la actualidad se puede encontrar a los ajolotes en estado silvestre en los lagos de Xochimilco y Chalco (2004). Las condiciones bajo las cuales se encontraron estos organismos fue en canales aislados, con baja densidad de otros organismos (tilapia y carpa para el caso de Xochimilco), con baja turbidez y con presencia de vegetación acuática sumergida (Valiente, 2006). Ambos sistemas acuáticos se encuentran muy deteriorados debido a varias causas como el cambio de uso de suelo, la entrada de contaminantes, el incremento de visitantes (para el caso de Xochimilco) y a que se ubican dentro de la Ciudad de México donde hay un continuo crecimiento poblacional (Zambrano, 2003; UNESCO 2006).

Xochimilco es considerado como una zona de humedales y se sabe que de los ecosistemas más influenciados por el ser humano, los humedales son particularmente más sensibles (Rubbo Y Kiesecker, 2005). Aunado a esto, existen diversas razones que ejercen presión sobre el ajolote, entre los cuales podemos mencionar: la introducción de especies exóticas, las enfermedades en los organismos y la urbanización (Chapin *et al*, 2000). Esta última se asocia con el aporte de contaminantes, la eutroficación, la alteración en el ciclo hidrológico y cambios en la geomorfología del paisaje (Ehrenfeld, 2000; McKinney 2002).

Como resultado del desarrollo humano (agricultura, industrialización y urbanización) los humedales se han perdido en niveles excesivos hasta en un 50% durante los últimos 200 años (Dahl, 1990). La urbanización es un factor ligado a la pérdida de dichos humedales (Ehrenfeld, 2000).

Debido a que los anfibios utilizan los humedales extensivamente para su reproducción (Salthe, 1967), los cambios en la calidad del agua o de los humedales ejercen influencia sobre las distribuciones de las puestas. Un ejemplo en Xochimilco es la contaminación que puede darse en algunos canales, en estas zonas es nula la presencia de ajolotes. La pérdida de humedales está directamente relacionada con la disminución en el número de puestas, como un factor que puede influenciar a nivel local o regional (Semlitsch, 2000). Los humedales como sitios de ovoposición de anfibios son también susceptibles a cambios que pueden alterar las interacciones bióticas y la sobrevivencia de las especies (Kiesecker *et al*. 2001; Kiesecker 2002)

Como consecuencia de estas presiones las poblaciones de ajolote están muy disminuidas; la reducción ha sido más drástica recientemente donde la población ha disminuido 6 veces durante los últimos cinco años (Zambrano, 2003). Además de dichas presiones, una de las posibles causas de la disminución del ajolote puede ser la disminución de plantas que funcionan como sitios de ovoposición y de sobrevivencia para los huevos, las larvas y juveniles, estados de mayor sensibilidad en su historia de vida (Salthe, 1967).

### **Xochimilco como su hábitat actual**

La delegación de Xochimilco, se ubica bajo las coordenadas 19°09' y 19°19' de latitud norte y 98°58' y 99°10' longitud oeste; esta ubicación le brinda un clima templado subhúmedo con una temperatura media anual de 16°C (Vidrio Y Ávila, 2000). Abarca una superficie de 12,517 hectáreas, que ocupa el 8.40% del área total del Distrito Federal (UNESCO, 2006). La ocupación urbana tiene una extensión de 2,505 hectáreas representando un 20% de su totalidad. El área ecológica tiene una extensión de 10,012 hectáreas con un porcentaje del 80% del área total de Xochimilco. Con base en la superficie delegacional, el uso

de suelo esta conformado de la siguiente forma: agricultura 41.37%, pastizal 2.62%, bosque 3.16% y 52.85% de otros (UNESCO, 2006).

Parte de Xochimilco está considerado como un Área Natural protegida (ANP) y comprende las comunidades de San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, Ex Ejido Xochimilco, Santiago Tulyehualco, Nativitas, Santa Cruz Acalpixca y 13 Barrios de Xochimilco (GDF, 2004) y se encuentra inmersa en un terreno plano de origen lacustre (Valiente, 2006). Debido a la continua actividad humana, dicho sistema lacustre se compone de canales, apantles, lagunas permanentes y temporales. Se calcula una longitud aproximada de 203 Km. de canales interconectados (UNESCO, 2006), cuya profundidad varia considerablemente (desde 60 cm. en algunos canales hasta 3 a 6 metros en zonas más profundas. Los lagos y canales son alimentados de manera artificial con aguas residuales tratadas de las plantas del Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxialtemalco y San Lorenzo Tezonco (UNESCO, 2006). También llega agua por parte de escurrimientos superficiales de los arroyos Santiago o Parres, San Lucas y San Gregorio (GDF, 2004).

Dentro de este lago los afloramientos de agua dulce permiten el desarrollo de hidrófitas poco comunes en áreas perturbadas (Lot Y Novelo, 2004). Entre estas plantas se puede observar plantas hidrófitas en sus diversas formas de vida entre las cuales destacan *Thypha latifolia* (hidrófita enraizada emergente), *Nymphaea mexicana* (hidrófita enraizada de hojas flotantes), *Lemna giba* L. (hidrófita libre flotadora) etc. (Lot Y Novelo, 2004).

Por otra parte existen especies introducidas a este sistema que se han adaptado fácilmente como *Eichhornia crassipes* y *Egeria densa* (Lot Y Novelo, 2004). En lo que corresponde a la parte terrestre se puede observar en las zonas elevadas zonas de bosque mixto compuesto por pino, ahuejote (*Salix bonplandiana*), ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*), ocote (*Pinus oocarpa*), encino (*Quercus alba*) y tepozane (*Buddleia cordata*). En las zonas más bajas existen capulines, eucalipto (*Eucalyptus spp.*), alcanfores (*Cinnamomum camphora*), jarillas (*Larrea tridentata*) y tepozanes (GDF, 2004; GDF, 2006).

En Xochimilco existe fauna terrestre y acuática, y se tiene un registro de 139 especies de las cuales 11 se encuentran sujetas a protección (GDF, 2006). Entre las especies endémicas existentes podemos citar el pez amarillo (*Girardinichthys viviparus*), el ajolote (*Ambystoma mexicanum*), el acocil (*Cambarellus moctezumae*), la rana de Moctezuma (*Rana moctezumae*), la víbora de cascabel (*Crotalus polistictus*); entre las aves se encuentran el pato mexicano (*Anas diazi*), la garcita blanca (*Egretta thula*), el Martín pescador (*Ceryle alcion*). Por otra parte también han sido introducidas algunas especies como la

tilapia (*Oreochromis aureus* y *O. niloticus*) y la carpa (*Carassius auratus* y *Cyprinus carpio*).

Además de estas especies también se puede observar microorganismos como dinoflagelados, microalgas, rotíferos; de igual manera existe gran diversidad de insectos como heterópteros, dipteros, heminópteros, coleóteros etc. (Valiente, 2006; GDF 2006).

### **Preferencia hacia las plantas**

Al realizar las ovoposiciones, el ajolote muestra una tendencia hacia las plantas o estructuras que de igual manera sean acuáticas, y que además se sitúen en cuerpos de agua de corriente lenta. Las plantas presentes en ambientes acuáticos son conocidas como hidrófitas. Existen diversos ambientes en donde se puede ubicar a estas plantas: lagos, cenotes, ríos, lagunas, pantanos, charcas, zanjas, presas y canales (Lot, A. *et al* 1999). Las formas de vida de éstas también son variadas.

### **Tipos de plantas**

Las hidrófitas se clasifican en 2 grandes grupos (Lot Y Novelo, 2004). El primer grupo se compone de las hidrófitas enraizadas que son las que están arraigadas al sustrato, y éstas se dividen en:

- Emergentes: manteniendo sus estructuras reproductoras y vegetativas por encima del agua. Se encuentran distribuidas en canales, zanjas, charcas y lagunas. Presentan tallos largos y la mayoría produce flores.
- Sumergidas: todas sus partes vegetativas están inmersas en el agua y las reproductoras sumergidas, por encima de la superficie del agua ó emergiendo. La mayoría de estas plantas se caracterizan por tener hojas en forma de agujas o muy delgadas y largas; sirven de refugio para muchos microorganismos.
- De hojas flotantes: con sus hojas postradas sobre la superficie del agua al igual que sus flores. Se caracterizan por tener hojas grandes y muy amplias; algunas de estas plantas presentan tubérculos subterráneos.
- De tallos postrados: con estructuras vegetativas y reproductoras en tallos de tipo estolonífero que reptan o ascienden en la superficie del agua. Los tallos de estas plantas son muy delicados y largos; presentan flores de colores claros (rosa y violeta).

El segundo grupo se compone de las hidrófitas libres, es decir que no están enraizadas al fondo; estas a su vez se dividen en:

- Flotadoras: presentando sus estructuras vegetativas y reproductoras libremente sobre la superficie del agua y solo las raíces sumergidas. Sus hojas presentan un tejido esponjoso mismo que en algunos casos sirve para fijar nitrógeno.
- Sumergidas: generalmente con todas las estructuras vegetativas y reproductoras emergiendo ligeramente de la superficie del agua. Son plantas que presentan un tejido muy delicado.

Existen diversas razones primordiales para que los ajolotes se inclinen hacia un tipo de planta. Debido a que el proceso de ovoposición es muy minucioso es necesario contar con zonas protegidas. El ajolote carece de cuidados parentales posteriores al proceso de ovoposición (Salthe, 1969) por lo que la elección de los sitios correctos puede estar ligada con los siguientes aspectos:

- a. Por su forma: tienen preferencia por estructuras o plantas cuya forma les brinde comodidad y soporte para llevar a cabo sus desoves. La forma preferida por estos, es aquella que tiene una mayor cobertura de área (Salthe, 1967). La cobertura de área puede entenderse como las plantas que tengan una distribución más amplia.
- b. Por el alimento que les pueda brindar. Existen plantas que tienen asociadas a su raíz u hojas numerosos microorganismos que pueden servir como alimento para los estadios larvarios; pueden también contener o liberar algún tipo de sustancia que les sirva de nutriente (Rodríguez, 1995).
- c. Como lugar de refugio. Algunos individuos adultos necesitan de un lugar con protección para llevar a cabo el proceso de reproducción y a su vez el de ovoposición. Posteriormente este mismo refugio puede servir a las larvas, siendo éstas más susceptibles de posibles depredadores (Salthe, 1967).

## **Ovoposición**

Se han reconocido tres modelos principales de ovoposición entre el grupo de las salamandras caracterizados por Salthe en 1969, y estos a su vez tienen relación con la elección del sitio en donde se ovopositará. Los modelos son:

- a. Depositación de los huevecillos sobre un tipo de estructura y abandono de estos en cuerpos de agua lenticos, sin ningún cuidado parental (e.g. ambystomas).
- b. Depositación de los huevecillos en nidos protegidos sobre corrientes de agua, usualmente con cuidados parentales (e.g. dicamptodontidos).
- c. Ovoposición terrestre en nidos cubiertos ó enterrados, con cuidados parentales (e.g. pleurodontidos)

El Ajolote se ubica dentro del primer modelo ya que una vez que deposita sus huevecillos este abandona el lugar de ovoposición (Salthe, 1969). Por esta razón la elección de los sitios de ovoposición puede estar relacionada con la búsqueda de zonas de refugio para llevar a cabo dicho proceso.

Los factores que afectan la selección de sitios de ovoposición por anfibios son complejos y difíciles de aislar (Kats Y Sih, 1988). Algunas especies regularmente ovopositan en lagos o estanques permanentes, mientras que otros prefieren estanques inundables o riachuelos efímeros (Rubbo Y Kiesecker, 2005).

La cantidad de huevecillos por cada puesta de los ajolotes tiene una variación amplia. Se pueden obtener desde 200 hasta 1500 huevecillos por puesta aproximadamente.

De acuerdo con Fox (1984), se ha encontrado que los factores que mayor influencia tienen sobre las ovoposiciones y el número de huevecillos se encuentran:

- Temperatura: una temperatura con valores de 12°C a 18°C facilita las condiciones para la ovoposición, mientras que temperaturas por arriba de 20°C son desfavorables.
- Salud de los ejemplares: los animales en mejores condiciones de salud tendrán un mejor éxito en sus ovoposiciones, contrariamente los organismos que carezcan de buena salud no tendrán éxito en dicho proceso.
- Alimentación: una alimentación balanceada y que contenga altos valores energéticos produce animales con mejores condiciones para el proceso reproductivo.
- Fotoperíodo: se ha observado que al darse un acortamiento inicial al periodo de luz, se estimula el inicio del cortejo y por ende el proceso de ovoposición; y una vez que inicia el proceso de ovoposición, el alargar el periodo de luz acelera el desove. Es importante mencionar que un periodo de luz de 24 horas inhibe el proceso de ovoposición.
- Periodo de tiempo designado para el apareamiento: el tiempo requerido por cada pareja de ajolotes puede variar entre un par y otro; suele suceder que al juntar a una pareja por primera vez el macho deposite espermatoforos en el acuario sin que haya producción de huevos. Puede resultar que al poner la misma pareja de 1 a 4 semanas más tarde lleven a cabo con éxito el cortejo y posteriormente la ovoposición.
- Talla de la hembra: se da una relación directamente proporcional entre la talla y el número de huevecillos por cada puesta. De acuerdo a los resultados existe un incremento de 150 huevecillos aproximadamente por cada centímetro de longitud en la hembra.

- Edad de la hembra: las hembras de mayor edad por lo regular tienen mayor tamaño y por consecuencia mayor volumen corporal, lo que les brinda mayor capacidad para contener huevecillos (observación personal). Esto implica que la edad tiene influencia en la capacidad reproductiva del ajolote, ya que el número de puestas disminuye sustancialmente con el incremento de la edad (Fremery, 1984).
- Estacionalidad: Los meses propuestos para su reproducción se da entre los meses de enero a marzo. Existe una relación entre el proceso de ovoposición y la temperatura es por esto que dichos meses son de reproducción ya que corresponden a la temporada de invierno que es cuando las temperaturas bajan un poco más. Si se tiene a los organismos bajo condiciones controladas, su época reproductiva puede variar o tener alteraciones mientras se adecuan.
- Número de ovoposición: este factor está relacionado con la frecuencia en que una hembra se reproduce y con la experiencia que puede adquirir; así, las hembras con mayor número de ovoposiciones tendrán mayor éxito reproductivo y más experiencia sobre donde colocar los huevecillos.

Tomando en cuenta características del proceso reproductivo del ajolote y de su hábitat sabemos que ahora es relevante conocer la preferencia que tiene el Ajolote concretamente por las plantas, para llevar a cabo sus desoves.

De esta manera sería posible promover la cobertura de las plantas en las que el ajolote prefiere ovopositar en zonas donde éste habita. Y aunque existen mayores problemáticas alrededor del Ajolote, el incrementar sitios de ovoposición es posible aumentar la posibilidad de sobrevivencia de las poblaciones de ajolote en su lugar de origen, reproduciéndose en su medio natural.



## **OBJETIVO GENERAL**

- Identificar bajo condiciones de laboratorio la preferencia que el Ajolote (*Ambystoma mexicanum*) tiene sobre las plantas para el proceso de ovoposición.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- ✓ Identificar si los ajolotes se inclinan por plantas flotantes o sumergidas,
- ✓ Identificar si la forma y cobertura de la planta influye en la elección de esta, para la ovoposición.
- ✓ Analizar si los ajolotes siguen algún tipo de patrón en el proceso de ovoposición.

## **HIPÓTESIS**

Si existe una tendencia sobre alguna planta o estructura para la oviposición del ajolote, esta se vera reflejada en el número de huevos depositados en cada planta o estructura.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizaron un total de 14 experimentos de ovoposición de *Ambystoma mexicanum*.

Para llevar acabo los experimentos se acondicionaron 4 tinas de fibra de vidrio con una capacidad de 400litros aproximadamente. Debido a que las tinas presentaban una división se tuvieron 2 profundidades, una de 30cm y otra de 25cm. Estas tinas fueron divididas en 4 partes iguales con la ayuda de mallas de plástico, dejando libre la parte central para que los ajolotes tuvieran acceso a toda la tina (ver Apéndice 1). Las tinas estaban libres de sustrato en el fondo, esto para hacer más fácil la extracción de los huevecillos una vez que habían sido depositados, ya que podían adherirse a dicho sustrato.

Debido a que la temperatura es un factor determinante en la reproducción de estos organismos, el área de trabajo contaba con aire acondicionado para mantener una temperatura ambiente de  $16^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; el agua contenida en las tinas experimentales tenía una temperatura que oscilaba entre los  $12^{\circ}\text{C}$  y  $14^{\circ}\text{C}$ . El fotoperiodo se fijo por medio de timers teniendo 10 horas de luz y 14 horas de oscuridad.

En los primeros experimentos se usaron plantas y tuvieron una duración de 8 meses de Abril a Octubre del 2005; la segunda parte experimental se llevo a cabo con estructuras y esta tuvo una duración de 3 meses de Enero a Marzo del 2006.

En los experimentos con plantas se colocó un tipo de planta en cada una de las divisiones, rotando la ubicación de cada planta en cada una de las tinas para no establecer ningún patrón en la elección de estas. Las plantas usadas fueron traídas de Xochimilco: *Hydrocotyle ranunculoides* (malacate), *Eichhornia crassipes* (lirio), *Egeria densa* (elodea), *Berula erecta* (berro). El acomodo de las plantas se hizo de manera equitativa cubriendo densidades iguales en cada cuadrante de acuerdo a la planta. Por esta razón y debido a la arquitectura de las plantas, en algunos cuadrantes hubo un mayor número de ejemplares que en otros.

En la segunda parte se elaboraron estructuras con rafia, popotes y plantas artificiales. La mitad de las estructuras se colocaron en el fondo de la tina cubriendo toda el área y la mitad restante se colocó en la superficie para que flotaran de igual manera cubriendo la mayor área. En estos experimentos se retiraron las mallas divisorias para un mejor acceso a dichas estructuras (ver Apéndice 2).

Una vez que se colocaron las plantas ó las estructuras, se procedió a colocar una pareja de ajolotes por tina la cual fue utilizada una sola vez. Se hizo un monitoreo de cada pareja por las siguientes horas (cada 15 minutos), el cual se intensificó al observar que podría haber un posible

cortejo (cada 5 minutos). Se consideró como inicio de cortejo cuando la pareja de ajolotes se mantenía muy cerca en el fondo de la tina. Las anotaciones tomadas en los monitoreos fueron:

- Fecha y hora.
- Posición de la hembra y el macho dentro de la tina (juntos o separados)
- Posibilidad de cortejo si se encontraban juntos.
- Número de cuadrante de ubicación de los ajolotes.

Las parejas de ajolotes se dejaron máximo una semana, si no se realizaba la ovoposición, después se cambio a la pareja. Una vez que se llevó acabo el desove se procedió a retirar los huevecillos para así contar el número de huevecillos depositados en cada planta ó estructura.

### **Mantenimiento de Ajolotes.**

Los ajolotes utilizados en los experimentos fueron organismos del Laboratorio de Restauración Ecológica y 4 de medio silvestre (Xochimilco). Las hembras procedentes de Xochimilco se aclimataron durante 4 meses antes de ser utilizadas en los experimentos y siguieron el mismo régimen de alimentación y limpieza que los demás organismos en cautiverio. Por otra parte los organismos de laboratorio tenían en promedio 1 año 6 meses bajo condiciones controladas. La edad promedio tanto de las hembras como de los machos oscilaba entre 1 año y 1 año 6 meses. Los ajolotes estaban contenidos en peceras de 40litros y otros en recipientes de plástico de 15litros. Se realizaba dos recambios de agua 2 veces a la semana, uno total a inicios de semana (martes) y otro parcial a finales de esta (viernes). Su alimentación era a base de trocitos de pollo ó corazón de res y charales y se realizaba tres veces a la semana.

### **Análisis estadístico.**

Para detectar si hubo diferencias en las preferencias de los ajolotes con respecto a diferentes plantas y estructuras los datos se analizaron de la siguiente manera:

- Una ANOVA de una vía para detectar diferencias significativas entre los tipos de plantas utilizadas y otra ANOVA de una vía para las diferencias entre los tipos de estructuras.
- Una ANOVA de dos vías para detectar si existían diferencias significativas entre la ubicación de la estructura (arriba y abajo) y el tipo de estructura (rafia, popote y planta).

Los datos que no cumplieron con las pruebas de normalidad y de equidad de varianza fueron transformados a logaritmo natural (en el

caso de los experimentos realizados con plantas) y a raíz cuadrada (para el caso de las estructuras). Si la prueba de ANOVA fue significativa se aplicó una prueba de Post hoc de Tukey para discernir entre grupos.

Se realizó un análisis de correlación entre el tamaño de la hembra y el número de huevos para detectar si existía una relación directa.

## RESULTADOS

### Cortejo

En el cortejo se observó una serie de movimientos entre la pareja de ajolotes, hembra y macho. Primero el macho comenzó a moverse alrededor de la hembra y esta seguía al macho muy de cerca. Después el macho comenzó a elevar la extremidad caudal varias veces y parecía dar ligeros golpeteos con dicha parte a la hembra en la cabeza. Posteriormente el macho libera un espermatozoides en el suelo y una vez que la hembra pasa por encima lo recoge con los labios cloacales; de esta forma es posible que se lleve a cabo la fertilización.

El tiempo de cortejo fue variable en cada pareja, pero se obtuvo un tiempo promedio de 2 a 4 horas; una vez acabado dicho proceso pasan de 1 a 2 días para que se lleve a cabo la ovoposición.

### Ovoposición

Una vez llevada a cabo la fertilización pueden pasar varias horas para que la hembra comience a depositar los huevecillos. El tiempo transcurrido para que empiece a ovopositar puede variar de 8 horas hasta 2 días. Existe una estacionalidad para el proceso de ovoposición, este se da entre los meses de enero a marzo pero pueden obtenerse puestas en cualquier otro mes manteniendo a los organismos en condiciones ambientales controladas.

De acuerdo a los resultados, para los experimentos con estructuras, posiblemente pudo reflejarse esta estacionalidad ya que las 7 puestas se dieron entre los meses reportados bibliográficamente, teniendo la primera puesta el 22 de Enero y la última el 1 de Marzo del 2006. Cabe mencionarse que estos resultados obtenidos pudieron deberse a otras variables. Los lapsos de tiempo entre una puesta y otra fueron relativamente cortos; además el número de huevecillos en las 7 puestas es notablemente más alto que en las puestas de los experimentos con estructuras; la puesta más grande fue de 1537 huevecillos y la más chica de 811 huevecillos en los experimentos con estructuras.

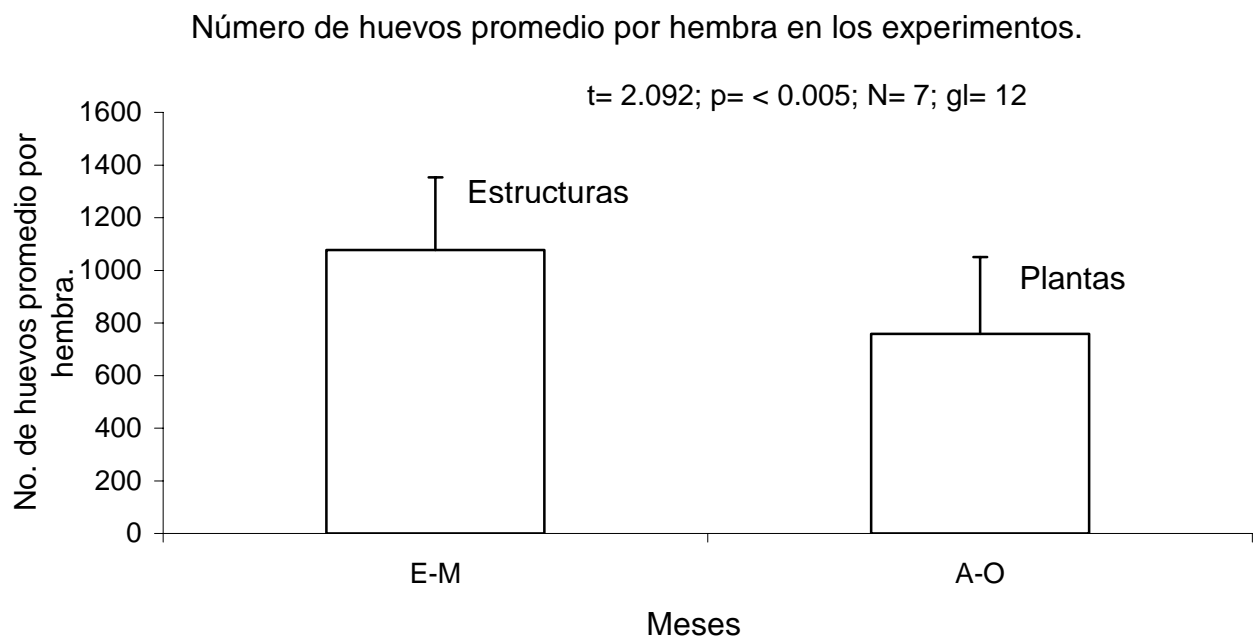


Figura 1. Número de huevos promedio en los experimentos realizados: 7 experimentos en los meses de Enero a Marzo (E-M) usando estructuras artificiales y 7 experimentos de Abril a Octubre (A-O) usando plantas.

Para el caso de los experimentos con plantas, las puestas demoraron un poco más de tiempo (7 meses), ya que el lapso entre una y otra fue más largo teniendo la primera el 15 de Abril y la última el 22 de Octubre del 2005. La puesta más grande fue de 1245 huevecillos y la más pequeña de 395 huevecillos.

Se observó que las hembras no siguen un patrón en la deposición de los huevecillos; esto es que no cuentan con ninguna estructura temporal en la puesta de los huevecillos en los diferentes tipos de plantas y estructuras.

Una vez que inició el proceso de ovoposición el promedio de tiempo de puestas fue de 3.21 días (Tabla 1.) tanto en los experimentos con plantas como con las de estructuras.

Tabla 1: Tiempo de ovoposición en cada una de las puestas.

Plantas Naturales		Estructuras Artificiales	
Puesta	Días	Puesta	Días
1	3	1	3
2	4	2	3
3	3	3	4
4	3	4	3
5	3	5	4
6	3	6	3
7	3	7	3
Tiempo Promedio: 3.21 días			

En cuanto al número de huevos promedio por puesta hubo una diferencia entre los experimentos con plantas y los experimentos con estructuras; esto se debió en parte a que las hembras utilizadas en la 2da parte experimental (con estructuras) tuvieron una talla mayor (Figura 2.). En promedio en los experimentos con plantas, el número de huevecillos por puesta fue de 759.14; mientras que en los experimentos con estructuras el número promedio de huevos por puesta fue de 1077.

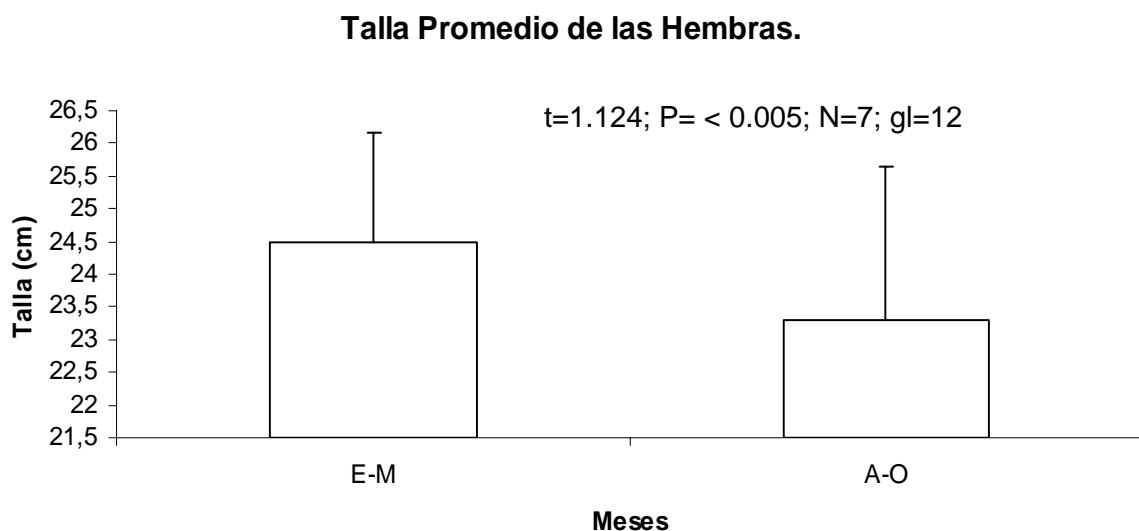


Figura 2. Representación de la talla promedio de las hembras en las puestas de Enero a Marzo (E-M) en estructuras y de Abril a Octubre (A-O) en plantas.

Aunado a esto el tamaño de las hembras esta directamente relacionado con el número de huevecillos. El tamaño promedio de las hembras utilizadas en los experimentos con plantas fue de 23.27cm, mientras que en las hembras utilizadas en los experimentos con estructuras la talla promedio fue de 24.45cm. (Tabla 2).

Tabla 2: Número de huevos por cada puesta y talla de la hembra en cada puesta

Estructuras			Plantas		
Puesta	No. de Huevos	Talla	Puesta	No. de Huevos	Talla
1	1209	26.5	1	1245	26.8
2	1290	27.2	2	572	22.3
3	1537	26.3	3	395	21.5
4	884	25.2	4	1003	23.7
5	813	22.3	5	766	23.2
6	995	21.6	6	790	22.9
7	811	22.4	7	543	22.5
Promedio de huevos: 1077			Promedio de huevos: 759.14		
Talla promedio: 24.45			Talla promedio: 23.27		

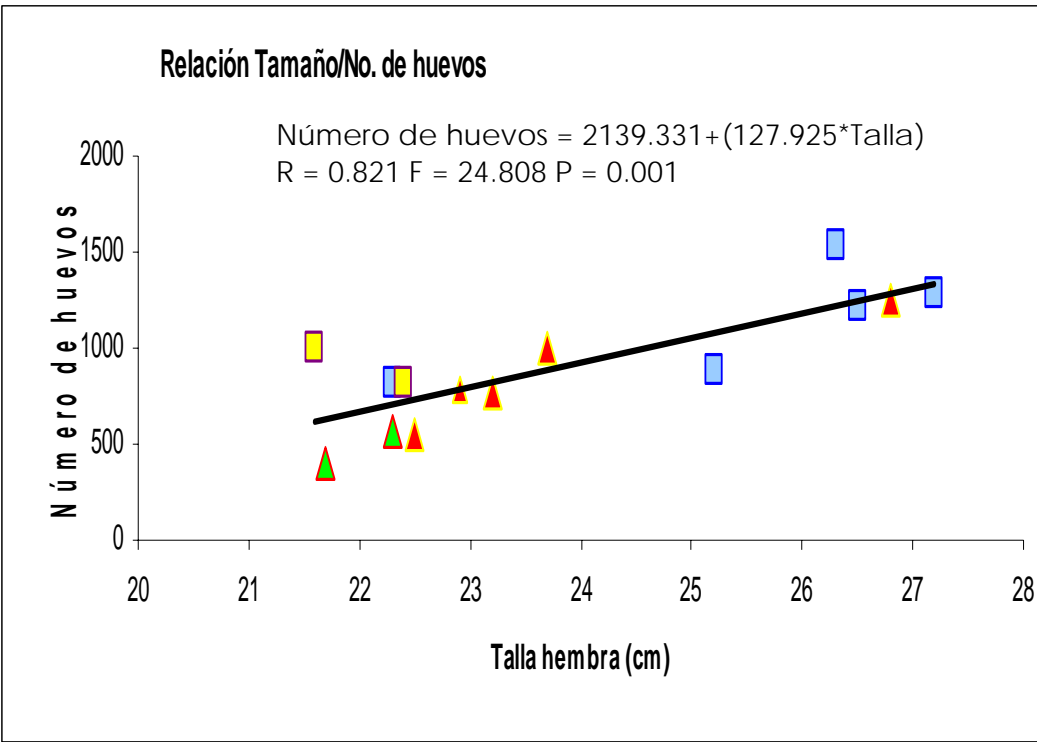


Figura 3. Relación de la talla de la hembra (cm.) y el número de huevos ovopositados en los 14 experimentos.



- ▲ Hembras silvestres con plantas
- ▲ Hembras de laboratorio con plantas.
- Hembras primerizas con estructuras.
- Hembras de laboratorio con estructuras.

### Experimentos con plantas:

Del total de los 7 experimentos realizados con plantas la preferencia que se tuvo para ovopositar por orden de mayor a menor estuvo dada de la siguiente manera: elodea (*Egeria densa*), lirio (*Eichhornia crassipes*), malacate (*Hydrocotyle ranunculoides*) y berro (*Berula erecta*).

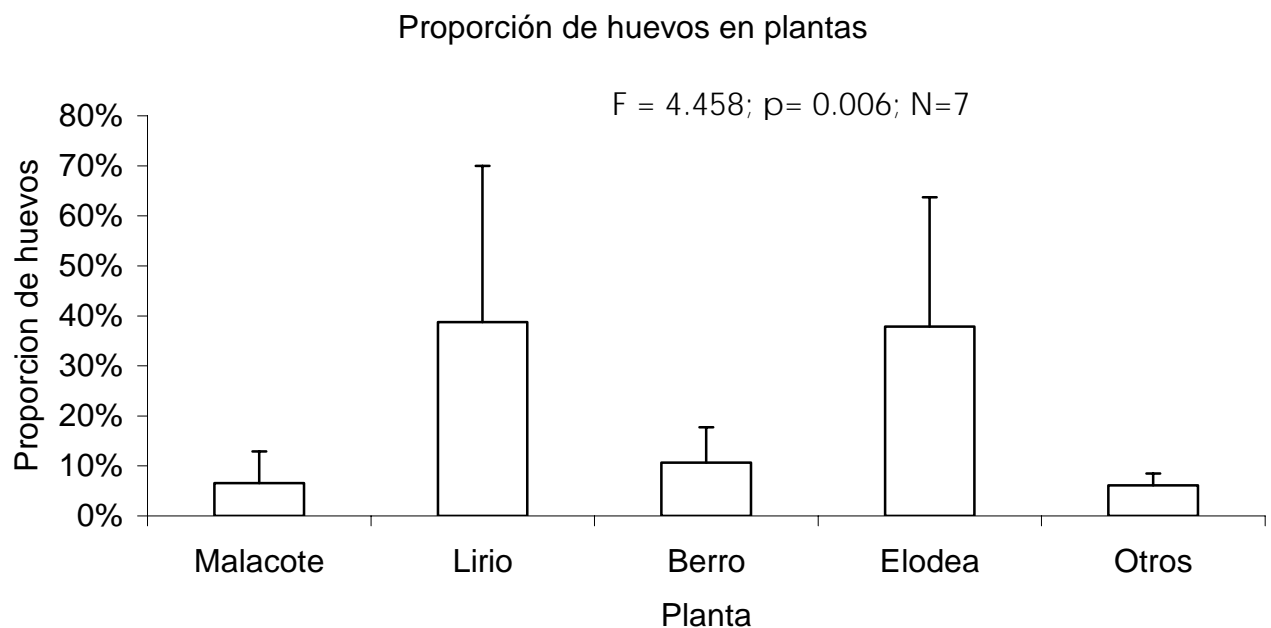


Figura 4. Distribución de la proporción de huevos depositados por las hembras de ajolote en las diferentes plantas.

Proporcionalmente entre todas las plantas, hubo un mayor número de huevecillos en la elodea. En cuanto a número de huevecillos por planta, el lirio (302 huevos) fue el que tuvo un mayor número seguido por la elodea (262 huevos), el berro (84 huevos) y el malacate (60huevos). La parte correspondiente a Otros (61) se refiere a los huevos depositados sobre el fondo o paredes de la tina y en la malla divisoria.

## Experimentos con estructuras:

En el caso de los 7 experimentos con estructuras los ajolotes mostraron una mayor afinidad por las estructuras elaboradas con rafia, seguidas por las plantas artificiales y en última instancia por los popotes.

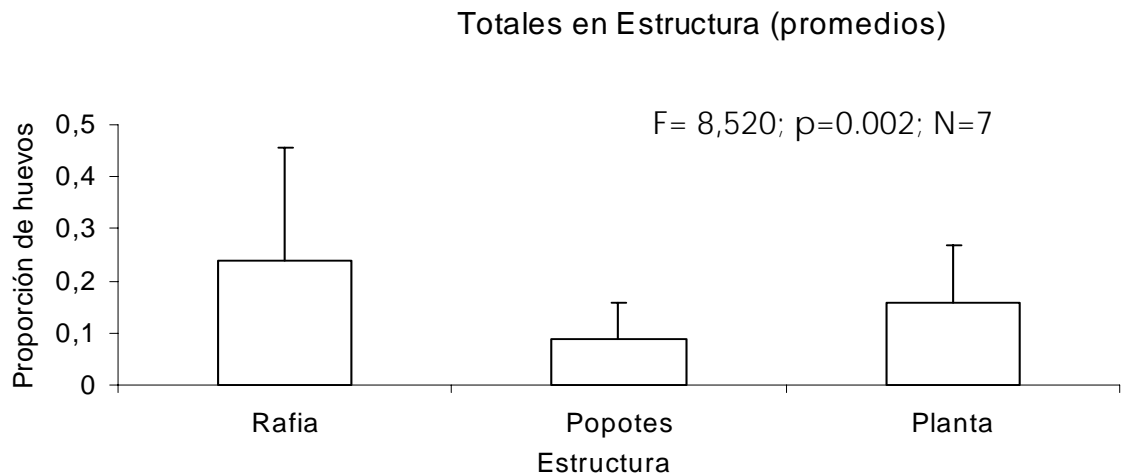


Figura 5. Proporción de huevos depositados en cada estructura. De acuerdo con los resultados obtenidos la diferencia significativa entre los distintos tratamientos no es tan grande lo que nos dice que la diferencia puede estar dada por variables aleatorias.

En estos experimentos se analizó también la preferencia por la posición de las estructuras es decir ubicándolas arriba y abajo; en los resultados obtenidos se observó que existe una mayor afinidad por las estructuras que están ubicadas en la parte del fondo de la tina (abajo).

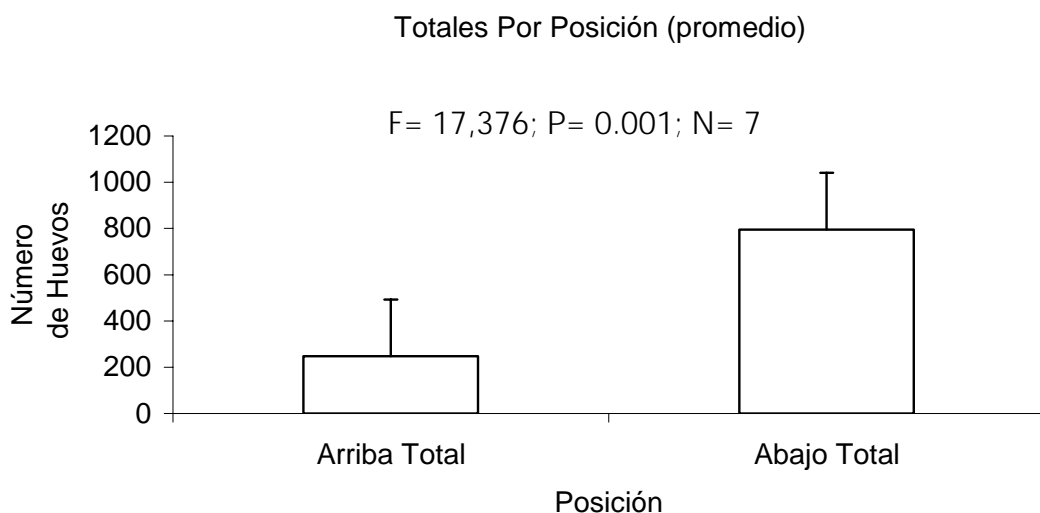


Figura 6. Promedio de huevos depositados en estructuras de acuerdo a la posición (arriba-abajo).

La estructura que tuvo mayor éxito estando arriba fue la elaborada con plantas artificiales, seguida por la rafia y por ultimo los popotes. Proporcionalmente se obtuvo una diferencia significativa de  $P= 0.301$  entre las diferentes estructuras y se encontró que solo existe diferencia significativa entre la rafia y el popote.

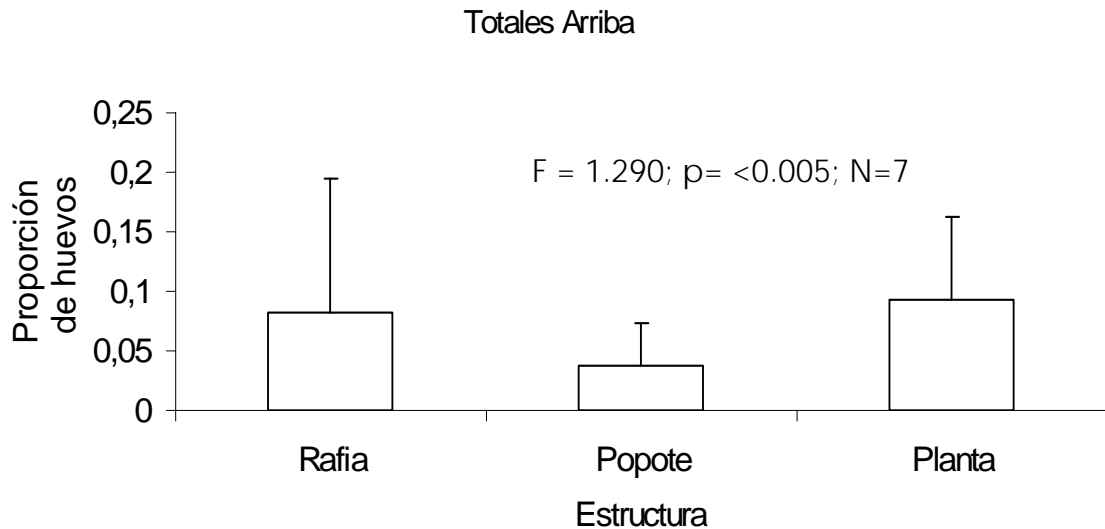


Figura 7. Promedio de huevos depositados en cada estructura flotante. En cuanto a las estructuras localizadas en la base de la tina, la estructura con mayor éxito fue la elaborada con rafia seguida por plantas y popotes. Proporcionalmente se obtuvo una diferencia significativa de  $P= 0.011$ ; y en el único caso en el que hubo una diferencia marcada fue entre las estructuras de rafia y las de popotes.

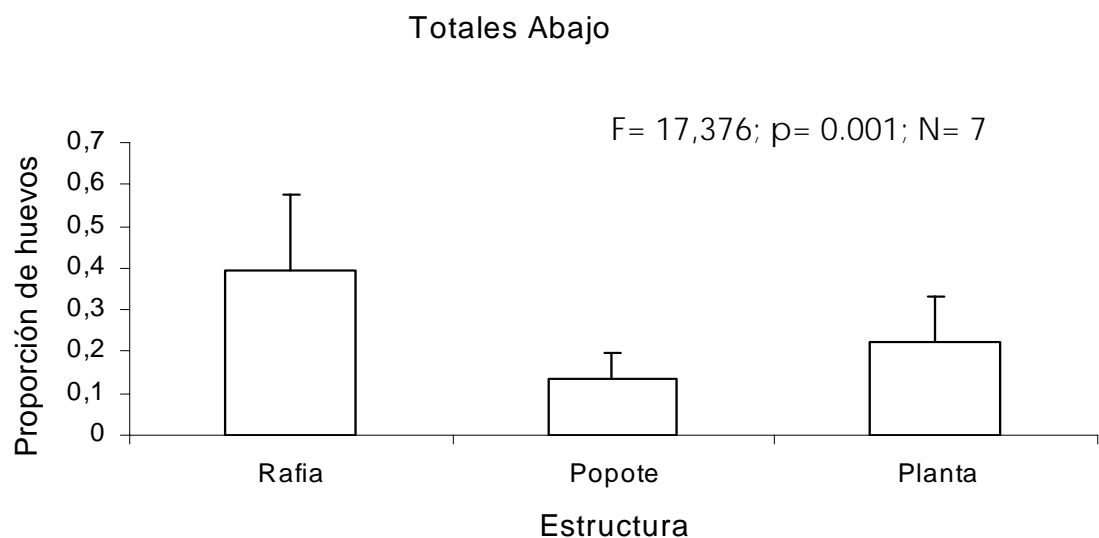


Figura 8. Promedio de huevos depositados en cada estructura sumergida. Diferencias significativas menores a 0.05 solo entre estructuras de rafia y estructuras de popote con una  $P= 0.001$

## CONCLUSIONES:

Existe una relación directamente proporcional entre la talla y el número de huevecillos depositados en cada puesta. El incremento de la fecundidad se gana con el incremento de la talla en el cuerpo de la hembra, ya que el que la hembra tenga mayor talla y volumen le confiere capacidad para producir un mayor número de huevecillos. Por otra parte el que haya un mayor número de huevecillos aumenta una mayor probabilidad de sobrevivencia entre el número de crías.

En el caso de la edad, una vez que las hembras han alcanzado la madurez sexual (al año de vida aproximadamente) y teniendo un tamaño corporal considerable (24 cm.) son capaces de desarrollar una mayor capacidad para contener huevecillos. Las hembras primerizas tienen un menor número de huevecillos y no tienen suficiente experiencia para llevar acabo el proceso de oviposición. El periodo de alta fecundidad no se da por largos periodos ya que el número de puestas disminuye conforme se incrementa la edad. El periodo con mayor fertilidad se da una vez que el organismo tiene más de 1 año de edad.

En la selección de sitios de oviposición, los ajolotes muestran cierta inclinación por plantas acuáticas o estructuras que presenten características específicas como: que les brinden refugio, que sea tranquilo y confortable. Dichas características son tomadas en cuenta debido a la falta de cuidados paternos por parte de estos organismos.

La arquitectura de las plantas o estructuras puede influir en la elección de esta por parte de los ajolotes, es decir buscan que su forma brinde comodidad y soporte para ovipositar, y que tenga una mayor cobertura de área que a la vez brinde refugio a los huevos. El lirio y la elodea pueden ser plantas que sirvan como sitios de oviposición ya que en la parte experimental tuvieron mayor éxito sobre el berro y el malacate. Aunque el lirio y la elodea son plantas introducidas en el sistema acuático de Xochimilco, y que en el caso del lirio ocasiona problemas en grandes cantidades, ambas plantas pueden resultar buena opción como sitio de oviposición en sitios controlados debido que son plantas altamente abundantes.

Con este trabajo se puede proponer que se incremente las poblaciones de ajolotes mediante diversos programas de manejo de su especie, ya sea reduciendo la cantidad de especies exóticas en su medio, manteniendo sano su ambiente, creando zonas de resguardo etc., el fomento de sitios de anidación crea una mayor posibilidad de restaurar sus poblaciones, siempre y cuando estos sitios tengan las características necesarias para un mayor éxito.

## REFERENCIAS

- Baker, C.L. 1965. The male urogenital system of the Salamandridae. *Journal of the Tennessee Academy of Science* 40: 1-5.
- Brandon, Ronald A. 1970. Size Range, Size at Maturity, and Reproduction of *Ambystoma* (*Bathysiredon*) *dumerilii* (Duges), a Paedogenetic Mexican Salamander Endemic to Lake Patzcuaro, Michoacan. *Copeia*, Vol. 1970, No. 2 (Jun. 1 1970), pp. 385-888.
- Brunkow, Paul E, Collins, James P. 1996. Effects of Individual Variation in Size on Growth and Development of Larval Salamanders. *Ecology* 77(5)pp. 1483-1492.
- Chapin, F.S III, Zavaleta, E.S, Eviner, V.T, Naylor, R.L, Vitousek, P.M, Reynolds, H.L, Hooper, D. U, Lavorel, S., Sala, O.E, Hobbie, S.E, Mack, M.C, and Díaz, S. 2000. Consequences of Changing Biodiversity. *Nature* 405, 234-242.
- Contreras, R. E A. 2006. Distribución potencial del *Ambystoma mexicanum* en los canales de la zona chinampera de Xochimilco. Tesis Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F 49 p.
- Dahl, T.E.1990. Wetlands: losses in the United States 1780's to 1980's. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Duellman, W. E. Y Trueb, L. 1986. Biology of Amphibians. McGraw-Hill Book Company, New York, NY. 670 pp.
- Egea, S, A, Oliva P., F.J., Miñano, P., Verdiell, D., De Maya, J.A., Andreu, A., Tejedo, M., Torralba, M. Actualización de la distribución de los anfibios de la Región de Murcia (SE Península Ibérica). *Anales de Biología* 27: 53-62, España 2005
- Ehrenfeld, J.G. 2000 Evaluating wetlands within an urban context. *Ecological Engineering* 15: 253-265
- Ferreira, N., C. Ramírez, G. Urbina, J. Cruz 1993. Resultados preliminares de la reproducción del ajolote de Xochimilco *Ambystoma mexicanum* para el establecimiento de una colonia. En UAM Xochimilco (Comps.), 1993. Primer Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. Tomo II, UAM Xochimilco, México. 250 pp
- Flageole, S. Y leclair, R., Jr. 1992. Étude démographique d'une population de salamandres (*Ambystoma maculatum*) à l'aide de la méthode squelettochronologique. *Canadian Journal of Zoology* 70:740-749.
- Fremery, R. V. 1984. Survey of the reproductive capacities of three separate age groups of wild - type *Ambystoma mexicanum*. *Axolotl Newsletter*. **13**: 17-20.
- Fox, W. F. 1984. Factors Influencing Axolotl spawnings at developmental biology center, University of California, Irvine, CA. *Axolotl Newsletter*. **13**: 26-27.

- Gobierno del Distrito Federal. 2006. Programa de manejo del Área Natural Protegida con carácter de Zona de Conservación Ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*.
- Hom, Carole L. 1987. Reproductive ecology of female dusky salamanders, *Desmognathus fuscus* (Plethodontidae), in the southern Appalachians. *Copeia* 1987:768-777.
- Indiviglio, Frank. 1997. Newts and Salamanders: Everything about Selection, Care, Nutrition, Diseases, Breeding and Behavior. Ed. Barron's
- Jørgensen, C.B. 1992. Growth and reproduction. Pp. 439-466. In M. E. Feder and W. W. Burggren (eds), *Environmental Physiology of the Amphibians*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Kats Lee B. Y Sih Andrew, 1988. Ovoposition Site Selection and Avoidance of Fish by Streamside Salamanders (*Ambystoma barbouri*). *Copeia* 1992(2) pp.468-473.
- Kiesecker, J.M. 2002. Synergism between trematode infection and pesticide exposure: a link to amphibian limb deformities in nature? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 9900 – 9904
- Kiesecker, J.M., A.R. Blaustein, Y L.K. Belden. 2001. Complex causes of amphibian populations declines. *Nature* 410: 681 – 684.
- Larson, A.; D.W.Weisrock y K.H.Kozak, 2003. Phylogenetic Systematics of Salamanders (Amphibia: Urodela), a Review. En: *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela* Vol. 1 Ed. Sever, D.M. pp. 31-108
- Lot, A., A. Novelo, M. Olvera, P. Ramírez 1999. Catálogo de Angiospermas Acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Primera Edición. México. 161 pp.
- Lot, A., Novelo, A. 2004. Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores. Dirección general de divulgación de la Ciencia. UNAM.
- McKinney, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883-890
- Mills, N. E. Y Barnhart, M. C. (1999). Effects of hypoxia on embryonic development in two *Ambystoma* and two *Rana* species. *Physiol. Biochem. Zool.* 72, 179–188.
- Novelo, A., Gallegos, M. 1988. Estudio de la flora y la vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del valle de México. *Biótica*. Vol. 13: No. 1, 2. pp. 121- 140. México.
- Ortega, C. A, J. 2000. El Ajolote. Elementos: ciencia y cultura Vol. 6. pp. 55-57. Puebla, México.
- Petranks, J.W. 1984. Sources of interpopulational variation in growth responses of larval salamanders. *Ecology* Vol. 65 No. 6 pp. 1857-1865.

- Petranksa, J.W. Y Sih, Andrew. 1986. Environmental instability, competition, and density-dependent growth and survivorship of a stream-dwelling salamander. *Ecology* Vol. 67 No. 3. pp. 729-736
- Rodríguez, Julio C.; 1995. Valor Nutritivo de la Bora *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms en Relación a su utilización como forraje. *Zootecnia Tropical* 1997 Vol. 15(1) pp. 51-65
- Rubbo J. Michael Y Kiesecker Joseph M. 2005. Amphibian breeding distribution in an urbanized landscape. *Conservation Biology* Vol 19: No. 2 pp. 504-511 U.S.A
- Salthe S.N. 1963. The egg capsules in the Amphibia. *Journal of Morphology* 113:161-171.
- Salthe S. N. 1967. Courtship patterns and the phylogeny of the urodeles. *Copeia* 1967:100-117.
- Salthe, S.N. 1969. Reproductive modes and the number and size of ova in the urodeles. *The American Midland Naturalist* 81: 467-490.
- Semlitsch, R. D. 1996. Effects of egg size on success of larval salamanders in complex aquatic environments. *Ecology* 71(5) : 1789-1795.
- Semlitsch, R. D. 2000. Principles for management of aquatic – breeding amphibians. *Journal of Wildlife Management* 64: 615 – 630
- Sever, D.M Y Brizzi, R. 1998. Comparative biology of sperm storage in female salamanders. *Journal of Experimental Zoology* 282: 35-46.
- Sever, M, D. 2003. *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela*. Science Publishers, Inc. India.
- Stearns, S. C. Y Koella, J. C. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in life-history traits: predictions of reaction norms for age and size at maturity. *Evolution* 40: 893-913.
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la educación la Ciencia y la Cultura. Proyecto UNESCO Xochimilco, México 2006.
- Valiente, E. 2006. Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del ajolote (*Ambystoma mexicanum*). Tesis Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 92 p.
- Vidrio, C. M. Y Ávila J. G., Delegación Xochimilco En Garza Villareal G. (coordinador), 2000, La Ciudad de México en el fin del segundo Milenio, Departamento del Distrito Federal, México, 1ª edición.
- Wahlert, G. Von. 1953. Eileiter, Laich und Kloake der Salamandriden. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere* 73:276-310
- Zambrano, L. 2003. Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco. Reporte para la CONABIO.

## Anexos.

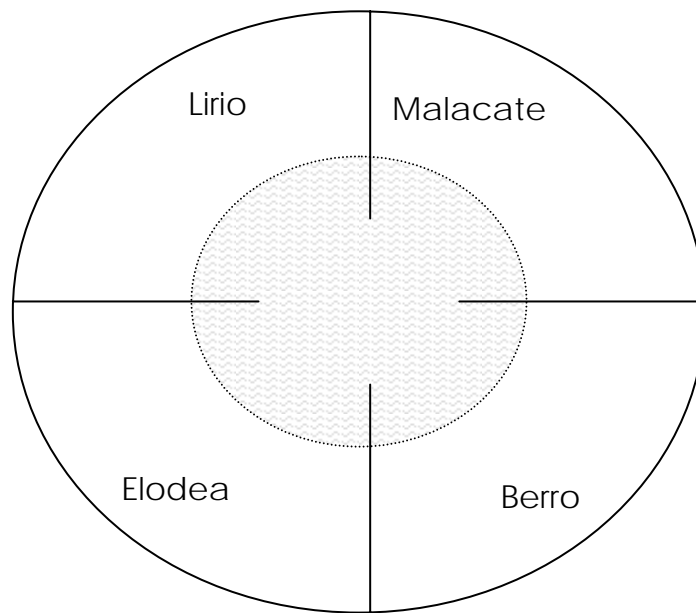


Figura 1. Modelo Experimental de tina. Acomodo de las plantas en cada cuadrante

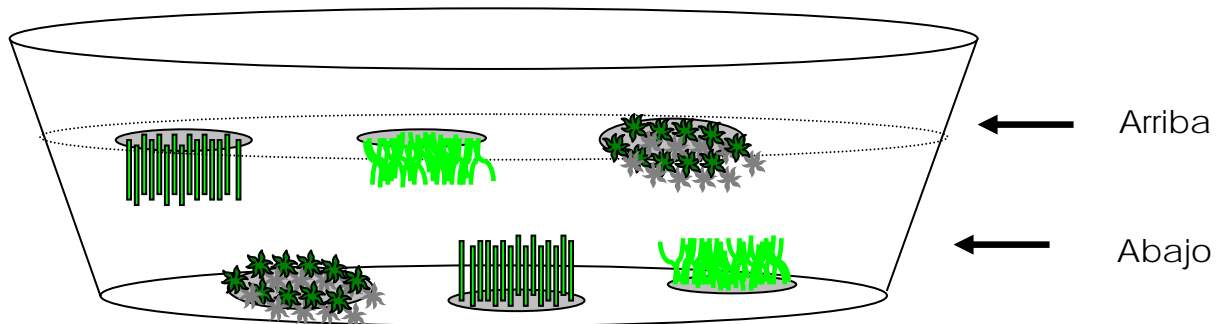


Figura 2. Modelo experimental de tina. Ubicación de estructuras (abajo y arriba) en la tina.