

00366
1



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México



UNAM

Bathygobius ramosus: UN EJEMPLO DE ORIENTACIÓN,
RECONOCIMIENTO Y FIDELIDAD AL SITIO

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias
(Biología Marina)

p r e s e n t a

HERÓN ARAGÓN AXOMULCO

Director de Tesis: DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA

Comité Tutoral: DRA. GUILLERMINA ALCARAZ ZUBELDIA
DR. LUIS ZAMBRANO GONZALEZ
DRA. L. ROXANA TORRES AVILES
DRA. MAITE MASCARÓ MIQUELAJAUREGUI

Ciudad Universitaria, México D. F., 2003.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto "Estudio de las adaptaciones fisiológicas y conductuales de *Bathygobius ramosus* Ginsburg 1947 (Pisces: Gobiidae) en un sistema intermareal del Estado de Guerrero" bajo la responsabilidad del Dr. Xavier Chiappa Carrara y con apoyo del PAPIIT-DGAPA-UNAM clave IN211999.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dedicatoria

*A mi familia: Lulú, Nahir y Katia,
por lo que también tuvieron que sacrificar.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Xavier Chiappa Carrara por su valiosa asesoría y gran apoyo para la realización de esta tesis, tanto en la fase de investigación como en laboratorio y en campo. Mi más sincero reconocimiento a su dedicación al trabajo y claro profesionalismo, pero sobre todo por ser una gran persona. Gracias por su amistad.

A la Dra. Guillemina Alcaraz Zubeldía por participar de manera tan directa en este trabajo, tanto en campo como en laboratorio. Gracias por sus acertados comentarios en la realización de este escrito.

A la Dra. Maite Mascaró Miquelajauregui por su participación entusiasta en la realización de los experimentos en campo, por su ayuda en la obtención del mapa de la zona de estudio, y por sus valiosos comentarios en el escrito.

Al Dr. Luis Zambrano González por sus acertados comentarios que favorecieron la realización del presente trabajo.

A la Dra. Laura Roxana Torres Avilés por la revisión de este escrito, así como por sus valiosos comentarios.

A la Dra. Ruth Cecilia Vanegas Pérez por permitir el uso del Laboratorio de Ecofisiología y parte del equipo que fue necesario para realizar esta investigación. Gracias también por sus comentarios relacionados con este escrito, y a su entusiasmo que motiva a seguir trabajando.

Al Biól. Humberto Olvera Quezadas y a la M. en C. Estela Pérez Cruz, por el espacio ofrecido en el Acuario de la UNAM, así como por su gran apoyo y buena disposición para lograr con éxito la fase experimental, en laboratorio, de este trabajo.

A la M. en C. Maribel Badillo Alemán por su ayuda tanto en campo como en laboratorio y en algunos trámites administrativos. Gracias por su amistad.

A Norma, Lupita y Gaby, personal administrativo del ICMyL, por su gran ayuda en la realización de distintos trámites durante mi estancia en el posgrado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

	PÁGINA
INDICE DE FIGURAS	5
INDICE DE TABLAS	6
RESUMEN	7
1) INTRODUCCIÓN	8
2) OBJETIVOS	17
3) UBICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>Bathygobius ramosus</i>	18
4) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE	18
5) ÁREA DE ESTUDIO	20
6) MATERIAL Y MÉTODOS	21
6.1) CAPTURA	21
6.2) TRABAJO DE LABORATORIO	22
6.2.1) ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ANESTÉSICO	22
6.2.2) EFECTO DE LA MARCACIÓN EN LOS ORGANISMOS	24
6.3) TRABAJO DE CAMPO	26
6.3.1) DISEÑO EXPERIMENTAL	26
6.3.2) IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS	30
6.3.3) RUTAS DE REGRESO	30
6.3.4) INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE MAREAS	31
6.4) ANÁLISIS DE LOS DATOS	32
7) RESULTADOS	33
7.1) DE LABORATORIO	33
7.2) DE CAMPO	34
7.2.1) ORGANISMOS TRANSPLANTADOS	34
7.2.2) ORGANISMOS NO TRANSPLANTADOS	39
7.2.3) RUTAS DE REGRESO	41
7.2.4) INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE MAREAS	42
8) DISCUSIÓN	46
9) CONCLUSIONES	54
LITERATURA CITADA	55
APÉNDICES	59

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. <i>Bathygobius ramosus</i> Ginsburg, 1947 (tomado de De la Cruz et al., 1997)	19
Figura 2. Ubicación geográfica de Playa de Troncones, Guerrero, México.	20
Figura 3. Trampas para la captura de <i>Bathygobius ramosus</i> .	21
Figura 4. Localización geográfica de las cuatro pozas intermareales utilizadas en la Playa de Troncones.	26
Figura 5. Ejemplo de trasplante recíproco entre la poza 1 y la poza 2.	29
Figura 6. Tiempo de regreso al sitio de captura con respecto al tamaño de los organismos utilizados en los trasplantes de las pozas 2, 3 y 4.	36
Figura 7. Tiempo de regreso al sitio de organismos trasplantados de acuerdo al sexo.	38
Figura 8. Número de organismos que mostraron fidelidad al sitio en las pozas identificadas como 2, 3 y 4, al regresar a su sitio de captura después de ser trasplantados.	38
Figura 9. Número de peces que mostraron fidelidad al sitio al permanecer en el lugar de captura y liberación, por lo menos, durante tres días de observación.	39
Figura 10. Proporción de organismos que mostraron fidelidad al sitio, con organismos trasplantados y con organismos del grupo control que se mantuvieron en su sitio.	40
Figura 11. Rutas utilizadas por los organismos trasplantados para regresar al sitio donde fueron capturados.	42
Figura 12. Variación de mareas en los días 1 a 7 de octubre de 2001, de acuerdo a los registros de la estación de Lázaro Cárdenas, Michoacán, y registros de regreso al sitio de los organismos trasplantados.	44

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Registro de diferentes concentraciones de anestésico (aceite de clavo) y sus efectos en organismos de la especie <i>Bathygobius ramosus</i> .	33
Tabla 2. Registro de organismos transplantados y de organismos del grupo control.	34
Tabla 3. Registro por clase de talla de los peces que regresaron a su sitio de Captura.	35
Tabla 4. Descriptores estadísticos de los tiempos de regreso al sitio agrupados por clase de talla.	35
Tabla 5. Descriptores estadísticos estimados por sexo a partir de los tiempos de regreso al sitio.	37
Tabla 6. Registros de temperatura y salinidad en las cuatro pozas de marea utilizadas.	45

APÉNDICE

Apéndice 1. Hoja de campo utilizada para marcación y transplante de peces.	60
Apéndice 2. Relación de peces que regresaron a su poza de origen después de transplantarse en las pozas 2, 3 y 4.	61
Apéndice 3. Relación de peces que formaron el grupo control en las pozas 2, 3 y 4.	62

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en un sistema de pozas intermareales, ubicado en el extremo norte de la Playa de Troncones, 30 km al Norte de Zihuatanejo, Guerrero, durante el verano del 2000 y el otoño del 2001. Mediante la captura y marcación de peces intermareales de la especie *Bathygobius ramosus*, con implantes visibles de elastómeros fluorescentes (VIE®), se puso en práctica un diseño experimental de trasplantes recíprocos de los organismos entre pozas de marea, con el propósito de comprobar si esta especie despliega conductas de fidelidad al sitio en que vive. Se registró el regreso y el tiempo de regreso al sitio donde fueron capturados organismos de ambos sexos y de diferentes tamaños. Los resultados indican que *Bathygobius ramosus* presenta fidelidad al sitio, puesto que el 71 % de los individuos trasplantados regresaron al sitio de captura y el 77 % de los organismos que conformaron el grupo control permanecieron en su poza de origen. De acuerdo al análisis de los datos, a pesar de que existe una relación inversa entre el tamaño de los peces y el tiempo de regreso, sólo hubo diferencias significativas entre los grupos extremos del intervalo de tamaños considerado ($U = 12, p < 0.05$). En cambio, entre sexos, a pesar de que los valores de la mediana fueron distantes entre sí, no existieron diferencias significativas en el tiempo de regreso de las hembras y de los machos ($U = 14.5, p > 0.05$). Considerando esta información, es posible sugerir que los individuos de *Bathygobius ramosus* despliegan conductas de fidelidad al sitio en que viven.

1) INTRODUCCIÓN

Diversas especies de animales silvestres que tienen la capacidad de moverse han sido motivo de estudios relacionados con los desplazamientos que realizan, ya sean movimientos dentro del entorno en que se desarrollan en forma habitual o fuera de éste, cuando traspasan sus fronteras. En términos generales, los organismos que se mueven pueden realizar desplazamientos de diferentes magnitudes, ya sean cortos, que son los que realizan en forma cotidiana dentro de su espacio más próximo; medios, utilizados para reconocimiento del entorno, o desplazamientos mayores, conocidos también como movimientos migratorios (Green y Fisher, 1977). Sin embargo, independientemente del alcance del desplazamiento, en diversas investigaciones se trata de explicar la forma en que los organismos se orientan.

El conocimiento que adquiere un organismo para orientarse puede ser por imitación (en etapas juveniles), como ocurre en las abejas y en algunas aves, de las que se sabe que navegan utilizando referencias de marcas terrestres, el compás solar u otros (Manning, 1985). El que un individuo pueda recordar lugares por simple asociación de aprendizaje, genera aspectos de territorialidad (Shettleworth, 2001) y basa su capacidad de orientación en las señales que recibe de las feromonas (Lemaster *et al.*, 2001).

Teniendo en cuenta que el ambiente no se mantiene estático, sino más bien está en continuos cambios, los organismos que habitan un lugar determinado muestran plasticidad para adaptarse a la dinámica del mismo, dentro de ciertos límites. Cada individuo reconoce las características de su entorno; si encuentra lo suficiente para subsistir continuará en el mismo sitio, de otra forma, si tiene la capacidad de desplazarse, lo hará hasta encontrar otro sitio. Algunas especies cumplen su ciclo de vida cuando las características del ambiente son favorables, y probablemente desarrollarán "fidelidad al sitio", identificada como "homing behaviour" cuando se manipula experimentalmente (Hartney, 1996).

Muchos trabajos que se refieren a manifestaciones conductuales relacionadas con la fidelidad al sitio, hacen referencia a desplazamientos cortos y medios. El análisis de ellos muestra que existen diferencias conceptuales sobre este término. Los principales enfoques que hacen referencia a la fidelidad al sitio son los siguientes:

- a) Salo y Rosengren (2001) se refieren a "fidelidad al sitio", señalada como "Ortatreue", a aquellos casos en que la conducta de permanencia en un lugar está relacionada directamente con el éxito en el forrajeo de un organismo.

- b) Jakob *et al.* (2001) hacen uso del término "fidelidad al sitio" aludiendo a la predisposición de un organismo para regresar a un lugar que previamente había ocupado, independientemente de tratarse de organismos que sean o no territoriales. En este caso, la fidelidad al sitio refleja la preferencia de un organismo por un sitio determinado en relación con las condiciones generales del ambiente, por ejemplo: la calidad del hábitat, la estabilidad (relacionada con el carácter predecible del sitio), la presión de la población al competir por los recursos y el conocimiento de otros sitios.

- c) Pomeroy (2000) señala como "fidelidad al sitio" o "filopatría" a la capacidad que tiene un organismo para regresar a criar a su sitio natal, es decir, al sitio que presenta las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de las primeras etapas de su ciclo de vida.

En el presente trabajo se hace referencia a la fidelidad al sitio básicamente con el enfoque propuesto por Jakob *et al.* (2001). Sin embargo, no pueden excluirse la influencia que tienen tanto la disponibilidad de alimento en ciertos lugares, como las ventajas de

utilizar algunos espacios determinados para la reproducción en la expresión final de esta conducta.

En su mayoría, los trabajos de investigación sobre la fidelidad al sitio en peces, se han realizado en organismos adultos, puesto que se considera que en esta etapa se manifiesta de forma más evidente tal conducta, debido a que el individuo ha alcanzado un desarrollo completo. Ross y Lancaster (2002) llevaron a cabo un trabajo con juveniles de las especies *Trachinotus carolinus* y *Menticirrhus littoralis*, en el que señalan que, después de ser marcados y transplantados, no mostraron fidelidad al sitio en que se capturaron, permaneciendo en el lugar del trasplante. Estos resultados pueden deberse a que los recursos disponibles en el nuevo sitio no eran limitantes y porque no había presión por depredadores. Así, a diferencia de lo que observaron en adultos, en etapas tempranas de desarrollo de las especies señaladas, no reportaron la manifestación de conductas relacionadas con la fidelidad a un sitio, y sugieren que las condiciones ambientales específicas son las que determinan en gran parte la conducta de cada individuo.

Por lo general, los peces utilizan áreas específicas para realizar sus actividades cotidianas como alimentarse, reproducirse, protegerse de los depredadores o descansar (Mamane, 2000). Este conjunto de funciones puede requerir desplazamientos de magnitud variable e implican la posibilidad de que se desarrollen conductas de fidelidad al sitio. En la zona intermareal, un mismo sitio puede presentar diferencias en *habitabilidad* durante las distintas fases de la marea baja, a tal grado que algunas pozas llegan a secarse y la habilidad de los peces para reconocer y regresar a salvo a su área original podría ser crucial para su supervivencia (Yoshiyama *et al.*, 1992).

En los estudios sobre la fidelidad al sitio en peces intermareales (Gibson, 1967; 1969, en Yoshiyama *et al.*, 1992 y Gibson, 1982), arrecifales (Mamane, 2000) y de agua dulce (Douglas, 1979), se ha señalado que el olfato juega un papel fundamental en el

mecanismo de orientación, como ocurre con los salmónidos adultos, que se desplazan teniendo como referencia las señales que perciben del ambiente. Estos organismos se desarrollan en el mar hasta aproximadamente los dos o tres años de edad (tiempo en que alcanzan la madurez sexual) y responden a estímulos ambientales (corrientes de agua dulce) que desencadenan una serie de reacciones a nivel fisiológico que los motivan a iniciar movimientos migratorios (Sturlaugsson, 1995). La orientación de estos organismos está relacionada con la capacidad que tienen para reconocer olores específicos y responder a estímulos visuales, químicos y topográficos del entorno, para regresar a sitios conocidos, ya sea para la reproducción, alimentación, reposo o protección (Belanger y Rodríguez, 2001). Este estudio se complementa con la información que proporcionan Thorold et al. (2001), quienes mencionan que los salmones realizan movimientos migratorios gracias a que tienen la capacidad de aprender rutas de migración, así como de reconocer sitios apropiados para desovar, a través de conductas transmitidas socialmente.

Para demostrar la fidelidad al sitio en peces intermareales, se han realizado distintos trabajos de investigación que involucran transplantes. Entre ellos, Aronson (1951; 1971), realizó transplantes de *Bathygobius soporator* en pozas de marea contiguas. Tras recorrer distancias de hasta 30 metros, los individuos regresaron a su poza original en un tiempo que podía oscilar desde unos minutos hasta 40 días. También se han realizado trabajos sobre fidelidad al sitio con peces escúlpidos de pozas de marea, en los que reportan desplazamientos desde 10 m hasta distancias cercanas a los 100 m (Green, 1971; Khoo, 1974). En otro trabajo realizado por Yoshiyama et al. (1992), los escúlpidos recorrieron distancias desde 4 m hasta 27 m de su poza original. Se registraron retornos desde el primer día hasta los 30 días, con un porcentaje de regreso a la poza original del 31.6%

Richkus (1978) reporta desplazamientos desde 2 metros hasta 30 metros aproximadamente y sólo poco menos del 10% de los peces marcados (*Clinocottus analis*) fueron encontrados en su poza original después de 56 días. Con el porcentaje señalado, Richkus (1978) sugiere que no hay fidelidad al sitio sino, más bien, fidelidad a una zona intermareal, en donde las condiciones generales del ambiente son homogéneas, de tal manera que los organismos no necesitan estar en un espacio (relativamente más pequeño) que tenga características especiales.

Una de las formas en que se puede comprobar la conducta de fidelidad al sitio es utilizando trasplantes recíprocos (Hartney, 1996), en donde se trata de relacionar organismos de dos sitios, que vivan en condiciones similares, de tal manera que el número de organismos que se quita de su sitio original (sitio A) para ser transplantado (al sitio B), sea igual al número de organismos que proviene de otro sitio (sitio B) para transplantarse en el sitio inicial (sitio A). De tal forma que el número de organismos que ocupa cada sitio no se altera.

En el trabajo realizado por Marnane (2000), se trata de explicar la fidelidad al sitio con peces cardenales (Apogonidae), considerando la capacidad de desplazamiento y retorno a su nicho dentro de una zona arrecifal. En dicho estudio se puso en práctica el método de marcaje y recaptura de organismos, utilizando aceite de clavo como anestésico (Griffiths, 2000) e implantes visibles fluorescentes. Los resultados de Marnane (2000) indican que el 49% de los peces marcados regresaron al sitio donde fueron capturados, en un tiempo promedio de 3 días tras recorrer distancias de hasta 2 km, demostrando con ello fidelidad al sitio.

Entre los inconvenientes que se pueden encontrar al realizar trasplantes de organismos, Chapman (2000) señala que dichos trasplantes están asociados a numerosos e inevitables disturbios, entre los que podemos señalar: el cambio de hábitat por sí mismo, los efectos de la marcación y de la manipulación de los animales, y el ser

movido de un parche unifamiliar considerado como su hábitat, en donde podía tener la ventaja de familiarizarse con otros organismos. Además, dicho autor hace hincapié en que debe considerarse que la conducta de los organismos es muy plástica y puede alterarse fácilmente conforme varía la disponibilidad del alimento o por otro conjunto de variaciones en las condiciones ambientales, lo que daría lugar a que no se observaran conductas de fidelidad al sitio.

Al efectuar transplantes de organismos para demostrar si existe fidelidad al sitio también pueden influir las características de los organismos utilizados, como la edad y el sexo. En relación a la edad, Underwood (2000) señala que los organismos más pequeños de las pozas de marea tienden a moverse más en relación a los más grandes, tal vez porque los adultos perciben más el riesgo de depredación, gracias al desarrollo de su sistema sensorial. De acuerdo a Craick (1981), los peces intermareales de la especie *Oligocottus maculosus* en estado juvenil tienden a moverse más en relación a los adultos porque se encuentran en un período en que desarrollan cierto aprendizaje y memorización de su entorno. Otra probable explicación a la mayor movilidad de los jóvenes es porque existe una ocupación previa de sitios por parte de los adultos, de ahí que la fidelidad al sitio es más clara en adultos (Finn y Kingsford, 1996; en Marnane, 2000). Estas diferencias de respuesta entre individuos jóvenes y adultos se observan porque diversas especies de organismos, entre ellos varios góbidos (Gibson, 1982), presentan una conducta agonística, al igual que distintas especies de peces, que se expresa como una dominancia jerárquica basada en el tamaño, experiencia y madurez sexual (Noakes y Baylis, en Schreck y Moyle, 1990). Si bien la dominancia jerárquica está relacionada con la territorialidad y conlleva el despliegue de conductas agresivas, no puede excluirse por completo para explicar las conductas relacionadas con la fidelidad al sitio, definidas principalmente por la capacidad de orientación de los organismos (Gibson, 1982).

Con respecto al sexo, en la mayoría de los peces intermareales (residentes permanentes) se observa una pauta general de reproducción. De acuerdo con Horn y Gibson (1988), el macho selecciona un sitio de freza, generalmente dentro de un territorio que defiende regularmente, para así atraer a la hembra mediante movimientos, exhibición de ornatos, colores llamativos o señales olorosas específicas (feromonas). El cuidado de los huevos, por lo general, es realizado por el macho. Por consiguiente, el macho es quien puede tener una mayor relación con un sitio determinado, lo cual puede favorecer el reconocimiento y la conducta de fidelidad al sitio.

Es necesario señalar que la fidelidad al sitio es una conducta que se presenta en organismos de diversas especies. Para algunas (como en los anfibios de la especie *Taricha granulosa*), representa la diferencia entre sobrevivir o morir (Blaustein *et al.*, 2000), y depende, en gran parte, tanto de la experiencia de los organismos como de las condiciones generales del ambiente (Baldaccini *et al.*, 1999). En general se ha visto que el regreso a los ambientes familiares da como resultado una reducción en la mortalidad, y favorece la eficiencia de forrajeo cuando se comparan estos parámetros en ambientes desconocidos para una población (Noda *et al.*, 1994).

De acuerdo a diferentes investigaciones, se tiene evidencia de que la conducta de fidelidad a un sitio implica tanto costos como beneficios para los organismos que la presentan. Por ejemplo: Jakob *et al.* (2001) señalan que en arañas de diferentes especies se observa que los costos son muy altos cuando tratan de localizar nuevos sitios para vivir, puesto que deben enfrentar un mayor número de peleas con sus congéneres. En cambio, el hecho de permanecer en un mismo sitio tiene como beneficio reducir los riesgos inherentes a sitios desconocidos, asimismo, favorece la localización tanto de recursos como de rutas de escape en caso de peligro.

En aves se reporta que cuando los organismos son residentes, el ser fieles a un sitio les da la ventaja de alcanzar mayores tamaños corporales, al compararse con aves

migratorias. Sin embargo, están en desventaja, en relación a las migrantes, en términos de fecundidad y reclutamiento, a tal grado, que podría verse en peligro de extinción la especie que se mantenga en un mismo sitio (Pérez-Tris y Tellería, 2002), sobre todo porque los organismos residentes no tienen tanta facilidad para sobrevivir como los que migran (Kokko y Lundberg, 2001).

Haciendo referencia a peces intermareales, se puede señalar que el costo de su conducta de fidelidad al sitio está determinado por la ocupación de espacios limitados, la dependencia de la pleamar para poderse desplazar de un lugar a otro, y en algunos casos, la disminución de su longevidad cuando se encuentran en constante competencia por defender su nido (Linström, 2001). En cambio, la capacidad de retomar al hogar y de familiarizarse con la topografía de un lugar, puede darles el beneficio de escapar con mayor facilidad de sus depredadores y de las aguas turbulentas de la pleamar (Horn y Gibson, 1988). De igual forma, el mantenerse en el mismo lugar permite establecer contacto con sus vecinos, y con ello, definir las relaciones de competencia por la disposición de recursos (Hartney, 1996).

Teniendo como antecedente que en algunos peces tropicales, como escúlpidos (Green, 1971; Khoo, 1974), blénidos (Horn y Gibson, 1988) y góbidos (Aronson, 1951; 1971), se reportan preferencias por los sitios que ocupan (de fidelidad a un sitio), el planteamiento general de este trabajo está enfocado a determinar si *Bathygobius ramosus*, organismo residente de la zona intermareal, despliega la conducta de fidelidad al sitio en que habita.

Considerando que existen diferentes especies de organismos que presentan conductas de fidelidad al sitio en el que viven, que dicha conducta puede ser reforzada o modificada por las condiciones del mismo ambiente y que tanto el sexo como el tamaño del organismo pueden influir notoriamente en la expresión de la preferencia al sitio, se proponen las siguientes hipótesis (*sensu* Underwood, 1997):

- ❖ Si los individuos de *Bathygobius ramosus* son capaces de desarrollar fidelidad al sitio en que viven, entonces deben ser capaces de orientarse y reconocer su hábitat. Así, tendrán la capacidad de regresar al lugar que ocupan normalmente después de ser transplantados a una poza intermareal contigua.

- ❖ Dado que los organismos de *Bathygobius ramosus* presentan cuidados paternos, los machos desplegarán con mayor frecuencia la conducta de fidelidad al sitio en que viven.

- ❖ Puesto que los machos de *Bathygobius ramosus* resguardan los sitios que ocupan para proteger sus nidadas, la fidelidad al sitio se presentará en aquellos individuos que hayan alcanzado la edad o el tamaño reproductivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

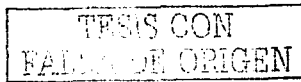
2) OBJETIVOS

GENERAL

- Determinar la capacidad de *Bathygobius ramosus*, residente permanente de la zona intermareal de la Playa de Troncones, México, para regresar a su hábitat original después de ser transplantado en una poza intermareal contigua con características similares.

PARTICULARES

- 1) Estimar si organismos de *Bathygobius ramosus* presentan conductas de fidelidad al sitio mediante la implementación de experimentos de transplante recíproco *in situ*.
- 2) Reconocer las posibles rutas que utiliza *B. ramosus* para regresar a su hábitat original después de ser transplantado a una poza intermareal contigua.
- 3) Determinar, a través de observación directa y registros de mareas, si existe influencia del ciclo mareal en el desplazamiento de *B. ramosus* entre una poza de marea y otra.
- 4) Identificar si existe un efecto diferencial del sexo y del tamaño de *B. ramosus* en la expresión de la conducta de fidelidad al sitio.



3) UBICACIÓN TAXONÓMICA DE *Bathygobius ramosus*. [de acuerdo a Nelson (1994) y De la Cruz *et al.* (1997)].

Filo	Chordata
Superclase	Gnathostomata
Clase	Osteichthyes
Infraclase	Teleostei
División	Euteleostei
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Gobioidei
Familia	Gobiidae
Género	<i>Bathygobius</i>
Especie	<i>Bathygobius ramosus</i> (Ginsburg, 1947)

4) CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE

Nombre científico *Bathygobius ramosus* (Ginsburg, 1947).

Nombre común Mapo (De la Cruz *et al.*, 1997)

Panamic frillfin (Allen y Robertson., 1994).

Sinonimias *Bathygobius arundellii* en la isla de Clipperton y

Bathygobius longipinnis de la Isla Socorro (Allen y Robertson, 1994).

Descripción Cuerpo robusto con tallas hasta 12 cm de longitud. Presenta seis espinas en la primera aleta dorsal. Las aletas pélvicas se encuentran unidas en un cono succionador (figura 1). Tiene escamas grandes en todo el cuerpo, incluyendo la región de la nuca. Se distingue fácilmente de los otros gobios por presentar cinco radios superiores de las aletas pectorales libres. La coloración es variable, generalmente de color verde olivo a café, frecuentemente presenta un renglón de lunares oscuros a lo largo de la mitad de su cuerpo y barras difusas en el lomo. Presentan dimorfismo sexual, los machos son de mayor tamaño que las hembras y se diferencian por mostrar una papila terminada en punta cerca del orificio anal. En cambio, las hembras presentan una papila achatada con

bordes redondeados. Viven de uno a dos años y se reproducen en primavera, con puestas de hasta 2000 huevos (Forsgren, citado en Almada *et al.*, 1999). Al igual que en la mayoría de las especies intermareales presenta cuidados parentales, observándose que el macho se encarga de elegir el sitio donde se hará la puesta, posteriormente cuidará hasta la eclosión de los huevos (Horn y Gibson, 1988).

Distribución Desde Baja California hasta el Norte de Perú (Allen y Robertson, 1994). En México se ha localizado en el Golfo de California, Puerto San Carlos, Cabo San Lucas, San José del Cabo, Bahía de La Paz y playa Troncones en Guerrero.

Hábitat El género *Bathygobius* se encuentra presente en las zonas intermareales, asociado con sustratos arenosos, rocosos, o material particulado como testas de organismos, en muchos casos se encuentran en áreas relativamente protegidas de la influencia directa del mar, en las llamadas pozas de marea (Aronson, 1951).



Figura 1. *Bathygobius ramosus* Ginsburg, 1947 (tomado de De la Cruz *et al.*, 1997).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5) ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el sistema de pozas intermareales de la Playa de Troncones, perteneciente al Municipio de La Unión, Guerrero. Su ubicación geográfica es $17^{\circ}47'16''$ de latitud Norte y $101^{\circ}44'17''$ de longitud Oeste (figura 2). En esta zona la costa es rocosa y escarpada. Tales características permiten la formación de pozas intermareales a lo largo de aproximadamente 750 metros sobre la costa. El conjunto de pozas o charcas varían en tamaño y profundidad, y están formadas principalmente por peñascos y cantos rodados. El área señalada está comprendida en la zona tropical, presenta época de estiaje y época de lluvias. De acuerdo a la clasificación de Köppen (modificada por García, 1988) corresponde al clima Aw (clima caliente subhúmedo con lluvias en verano), con una vegetación selvática, en su mayoría caducifolia. La temperatura media anual es de 25°C , con un promedio anual de precipitación pluvial de 1271.4 mm.

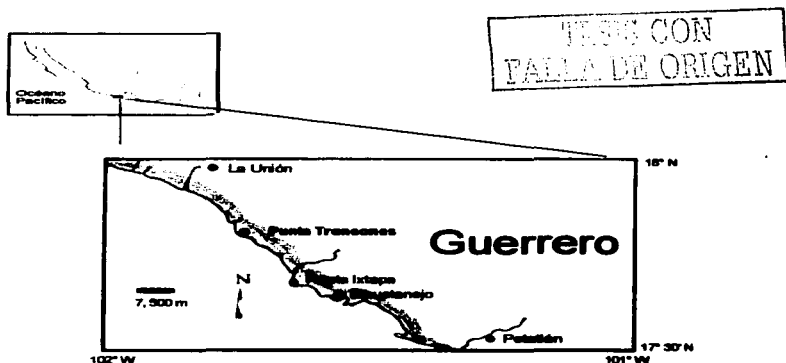


Figura 2.- Ubicación geográfica de Playa de Troncones, Guerrero, México.

6) MATERIAL Y MÉTODOS

6.1) CAPTURA

Para lograr el objetivo relacionado con la fidelidad al sitio se realizaron dos capturas de organismos. La primera se realizó en el verano del 2000 con la finalidad de observar, en el laboratorio, el efecto del uso del anestésico y el efecto de la manipulación al momento de hacer las marcaciones en cada individuo. En esta fase se utilizaron 12 organismos. La segunda captura (de 58 organismos) se llevó a cabo durante el otoño del 2001 para implementar el experimento de transplante recíproco *in situ*.

Los organismos se capturaron con dos tipos de trampas diseñadas expresamente para este trabajo (figura 3). Una construida con tubo plástico de 2.5 pulgadas de diámetro (forrado con cinta de aislar negra), con una red de nylon de color oscuro y de aproximadamente 30 cm de longitud, que contenía una camada. La otra, construida con red de nylon de color verde, en forma de bolsa rectangular, de aproximadamente 30 cm de largo por 15 cm de ancho, con una estructura de alambre forrado de plástico para mantener la red extendida y sujetar la camada.



Figura 3.- Trampas para la captura de *Bathygobius ramosus*.

Los organismos capturados en la primera fase se mantuvieron en la estación de campo durante aproximadamente 5 días, utilizando un acuario equipado (a un tercio de su capacidad) y con aproximadamente 100 litros de agua de mar. Se hicieron recambios diarios del 75 % con agua proveniente del medio, y se vigiló que el agua se mantuviera en condiciones óptimas de temperatura (28 ± 2 °C), salinidad (34 ± 4 ppm), pH (8.2 ± 0.2) y concentración de O_2 (5.0 ± 0.5 mg l⁻¹). Se alimentaron a saciedad utilizando camarón seco, especial para acuarios. Después fueron transportados en contenedores de 20 litros de capacidad, con agua proveniente del medio, equipados con bombas aireadoras de pilas hasta el laboratorio de Ecofisiología, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en la Cd. de México.

6.2) TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio, los peces se aclimataron en acuarios de 20 litros, que contenían agua salada preparada con sal comercial. El agua se mantuvo a una temperatura de 28 ± 2 °C, salinidad de 34 ± 4 ppm, pH de 8.2 ± 0.2 y una concentración de O_2 de 5.0 ± 0.5 mg l⁻¹. Los acuarios de mantenimiento estuvieron equipados con un sistema de filtración Fluval[®] para mantener el agua en condiciones adecuadas. El alimento utilizado fue una mezcla de tipo comercial para peces tropicales y, ocasionalmente, carne fresca de pescado, a razón de aproximadamente el 10% del peso corporal húmedo de cada organismo por día.

6.2.1) ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ANESTÉSICO

Considerando que *Bathygobius ramosus* es de talla pequeña (< 12 cm) y su manipulación es complicada, se decidió utilizar aceite de clavo como anestésico, cuyo principal activo es eugenol (4-*alil*-2-metoxifenol), por ser considerado de rápida acción y

no causar alteraciones en los organismos (Griffiths, 2000), y evitar así posibles daños al momento de la manipulación.

Ya que la concentración adecuada depende principalmente de las características de los organismos y de la temperatura del agua en que se encuentran, se realizaron pruebas para determinar la concentración de anestésico que se debía utilizar. Para los bioensayos, se utilizaron los 12 organismos mantenidos en los acuarios. Entre ellos se repartieron al azar las cinco concentraciones del anestésico que se habría de utilizar (40, 60, 80, 100 y 120 mg l⁻¹). Durante los bioensayos se registraron los siguientes datos: tiempo en que hacía efecto el anestésico (min:seg), longitud (cm), peso (g) y sexo de cada organismo. El sexo se determinó *in visu*, utilizando una solución de azul de metileno al 1%, colocada con un aplicador de esponja sobre los genitales de los peces para resaltar las estructuras externas. Si dicha estructura urogenital terminaba en pico se trataba de un macho, o si se observaba achatada y abultada se trataba de una hembra. Finalmente se registró el tiempo necesario (min:seg) para su recuperación.

Para determinar el efecto relativo del anestésico en cada organismo, se utilizó una escala empírica que permite expresar en forma numérica la acción anestésica. Se consideró el siguiente criterio:

- a) Si el organismo perdía por completo su capacidad de movimiento y se mantenía a flote con la parte ventral hacia arriba se asignaba el 100%.
- b) Si flotando boca arriba respondía a estímulos externos y cambiaba su posición se asignaba el 95%.
- c) Si perdía movilidad sin llegar a quedar boca arriba se asignaba el 90%.

- d) Si perdía parcialmente su movilidad y respondía con lentitud a estímulos externos se asignaba el 80%.
- e) Si perdía parcialmente movilidad y reaccionaba rápidamente a estímulos externos se asignaba el 50%.

Después de cada prueba realizada en forma individual, los organismos se colocaron inmediatamente en contenedores de 2 litros, con agua salada y oxígeno disuelto a saturación, con la misma salinidad y temperatura que se tenía en los acuarios de los que provenían, para lograr su recuperación. Después de 15 minutos se regresaron a su respectivo acuario, en donde se mantuvieron en observación por un tiempo de tres días para determinar los posibles efectos secundarios del anestésico.

6.2.2) EFECTO DE LA MARCACIÓN EN LOS ORGANISMOS

Con la finalidad de observar si la marcación con el implante visible de elastómero (VIE®) inyectado subcutáneamente (Marnane, 2000; Northwest Marine Technologies Inc., USA, 1996) causa alteraciones en los organismos, se obtuvieron de los acuarios 12 organismos utilizando una red de cuchara. Se colocaron en un contenedor que tenía dos litros de agua de mar con una concentración de 120 mg l^{-1} de aceite de clavo y se dejaron tres minutos como máximo para obtener el efecto anestésico (Griffiths, 2000), considerando que este tiempo era suficiente de acuerdo a los bioensayos realizados.

Bajo el efecto de la anestesia, se midió la longitud total de cada organismo en un contenedor acrílico transparente con graduación en milímetros. En el mismo contenedor, se pesó cada uno en una balanza de plato (Ohaus, $\pm 0.01 \text{ g}$). Posteriormente se depositó en forma individual sobre una superficie esponjosa (húmeda con agua salada) de 60 cm^2 aproximadamente, para facilitar su manipulación sin causar daño y determinar *in visu* el

sexo. Por último, se inyectó una marca (VIE[®]) junto a la base de la aleta dorsal, en dirección de la cabeza hacia la aleta caudal, del lado derecho o del izquierdo, de acuerdo a una guía previamente asignada, que sería utilizada después en las hojas de campo (apéndice 1). Posteriormente, los peces se colocaron en un contenedor con agua a saturación de oxígeno disuelto para su completa recuperación y, después de 15 minutos, se regresaron al acuario.

Para determinar que los organismos no presentaban alteraciones por la manipulación y la marcación, se hicieron observaciones en el laboratorio utilizando el siguiente criterio:

- a) Que se mantuvieran con la misma actividad que mostraban antes de la marcación.
- b) Que no fueran objeto de agresión por efecto del procedimiento de marcaje.
- c) Que no dieran señales de enfermedad o muerte por al menos tres días después de la marcación.

Una vez determinada la concentración de anestésico adecuada, y comprobado que el implante utilizado en la marcación no causaba ninguna alteración en los organismos (durante el tiempo de retención de aproximadamente 6 meses; Dewey y Zigler, 1996), se procedió a realizar el trabajo de campo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.3) TRABAJO DE CAMPO

6.3.1) DISEÑO EXPERIMENTAL

Durante Noviembre de 2001, organismos de *Bathygobius ramosus* fueron capturados en cuatro pozas de marea (identificadas como 1, 2, 3 y 4 en la figura 4), en la zona norte de Playa de Troncones.

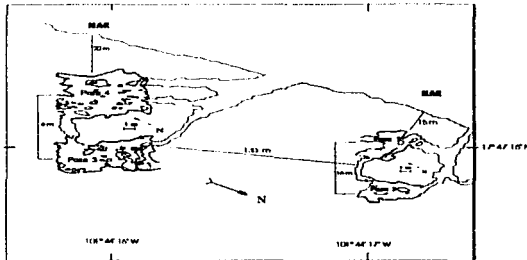


Figura 4.- Localización geográfica de las cuatro pozas Intermareales utilizadas en la Playa de Troncones.

El área de la poza 1 es de 9 m² aproximadamente. Se encuentra a 15 metros de distancia de mar abierto, protegida parcialmente por una barrera de rocas. La poza 2, localizada 16 metros al Noreste de la poza 1, tiene un área de 10 m². Tiene poca influencia de mar abierto y se encuentra cercana a la línea de costa. En ambas pozas (1 y 2) hay una porción cubierta con arena y una parte de rocas que servían a los peces como escondite. La poza 3, localizada a 130 metros al Sur de la poza 2, tiene una superficie de 27 m². Al igual que la poza 2, está resguardada del mar abierto, y cercana a la línea de costa. A 6 metros al Oeste de la poza 3 se localiza la poza 4, con una superficie de 30 m² aproximadamente. En forma similar a la poza 1, hay poca influencia del oleaje, a pesar de que mar abierto estaba a 5.5 m de distancia, porque está protegida parcialmente por una

barrera de rocas. Tanto en la poza 3 como en la poza 4 se observó una extensa superficie de arena, con rocas pequeñas y medianas que sirven como refugios.

Se realizó una captura de 58 organismos en total, sin embargo, después de que se marcaron se observó que en 9 de ellos no quedó la marcación como se tenía prevista, y no se podían identificar con claridad, de tal forma que fueron liberados sin tomarse en cuenta para la fase experimental. Un organismo se detectó muerto (equivalente al 1.7 %) después de haberse marcado. Por consiguiente, sólo se utilizaron en el experimento a 48 organismos para realizar la fase de trasplante recíproco *in situ*.

De la poza número 1 se utilizaron 5 organismos para realizar una prueba preliminar en relación a la marcación en el campo. En ellos se observó que las marcas colocadas en la base de la aleta caudal no se identificaban fácilmente al momento de liberarse. Por lo tanto, se decidió cambiar el lugar de marcación, colocando dicha marca a un costado de la aleta dorsal. Finalmente, la marcación en la parte dorsal se realizó con los organismos de la poza 2, de la poza 3 y de la poza 4, sumando en total 43 organismos para el trabajo experimental (Tabla 2).

El número de individuos capturados en cada poza fue suficiente para llevar a cabo el trabajo planeado. Gibson (1999) reporta haber utilizado 6 organismos de *Bathygobius soporator* para estudiar sus movimientos y fidelidad a su lugar de residencia.

Para la captura de peces en las cuatro pozas se utilizó el método señalado anteriormente. Antes de separar a los organismos que participaron en el trasplante de aquellos que se regresaron a la poza donde se capturaron (grupo control), se mantuvieron en acuarios en donde se hacía un intercambio constante de agua proveniente del medio, con la finalidad de mantener la misma calidad del agua mientras se hacía la marcación correspondiente.

La marcación de organismos en campo se hizo con la combinación de cuatro colores (rojo, naranja verde y amarillo) de los elastómeros (VIE®), y sirvió para reconocer

plenamente a cada organismo considerando las características de su sexo, talla, peso y poza de marea a la que pertenecían. Después de marcar a los peces, se mantuvieron en los acuarios mencionados hasta que se recuperaron por completo del efecto de la anestesia. De acuerdo a Griffiths (2000), el género *Bathygobius* se recupera en un tiempo de 3 a 5 minutos. Sin embargo, para evitar cualquier riesgo (Marnane, 2000), se mantuvieron en observación por un tiempo de 2 horas antes de ser liberados. Posteriormente se dividió la población de cada poza en forma proporcional, de tal manera que se obtuvieron dos grupos con estructuras similares, es decir, que su composición por tamaño y sexo fuera similar. Tanto los grupos que participaron en el experimento de trasplante como los controles presentaron una proporción de sexos de 1:1 ($\chi^2 = 0.06$, $p > 0.05$) y no existieron diferencias significativas en las tallas de los organismos provenientes de distintas pozas, ni entre los grupos experimentales (individuos transplantados y controles) ni entre los sexos ($0.62 \leq F \leq 1.86$, $p > 0.05$).

El diseño experimental de *trasplante recíproco* originalmente planteado involucra la recolección y marcación de organismos provenientes de una poza; una fracción (50%) de la población capturada se reubica en una poza contigua mientras que el 50% restante (considerado como grupo control), se marca y libera en el mismo sitio de su captura. Este diseño permite obtener cuatro grupos que, en el planteamiento, serían denominados de acuerdo con el número de la poza de origen y de destino: "grupo 1-2" ($n = 3$), "2-1" ($n = 5$), "3-4" ($n = 7$) y "4-3" ($n = 9$). En la figura 5 se ejemplifica este diseño considerando las pozas 1 y 2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

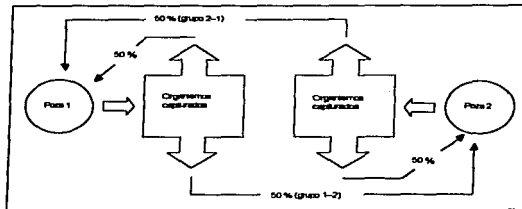


Figura 5. Ejemplo de trasplante recíproco entre la Poza 1 y la Poza 2.

En todos los casos, para evitar variaciones en la intensidad de la competencia debida a fenómenos de denso-dependencia, se consideró importante mantener constante el número de organismos presentes en cada poza. De esta forma, el número de organismos que saldría de una poza sería reemplazado por un número igual de individuos que entraría en ella. Recordando que el grupo 1-2 se utilizó para la prueba preliminar *in situ*, el desarrollo final del experimento sólo permitió la cuantificación de resultados de los grupos 2-1, 3-4 y 4-3.

Es necesario señalar que la captura de organismos fue más exitosa por la mañana (entre las 9:00 y las 11:00 h), cuando al parecer, de acuerdo a las observaciones, son los momentos en que tienen más actividad. Después de este tiempo, gran parte de los organismos permanecían en sus refugios, reduciendo su actividad en forma considerable la mayor parte del día. A pesar del poco tiempo que se tenía con altas posibilidades de captura, se logró trabajar con aproximadamente un tercio de la población en cada poza intermareal, con lo cual se trató de alterar lo menos posible. Por otra parte, también se procuró que los organismos se estresaran al mínimo cuando se manipulaban y se marcaban, utilizando primero un anestésico (aceite de clavo) que no les causara daño y

después, marcas (VIE[®]) que no alteraran su forma de vida cotidiana (sobrevivencia, crecimiento ó conducta).

6.3.2) IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS

Una vez liberados a los organismos marcados en la poza correspondiente de acuerdo con el diseño experimental, 12 horas después se iniciaron las observaciones directas en cada poza de marea, en intervalos de 30 minutos desde las 9:00 h hasta las 23 h, durante tres días consecutivos. En cada avistamiento, únicamente se registraron los organismos que se pudieron identificar plenamente (Yoshiyama *et al.*, 1992). Las observaciones se hicieron durante tres días consecutivos, considerando que algunas especies de gobios tienen la capacidad de regresar a su nicho en periodos mayores que 24 horas (Aronson, 1951). Durante el día se utilizaron gafas con filtro color ámbar para disminuir el efecto de los rayos solares y resaltar las marcaciones con los elastómeros. En las observaciones nocturnas se utilizó una lámpara equipada con diodos de luz azul que permite resaltar las marcas fluorescentes (VIE[®]).

Al registrar a los organismos observados e identificados, se hizo una clasificación utilizando tres categorías: "pequeños" si el peso corporal era menor o igual a 1 g, "medianos" si su peso era menor o igual a 2 g, y "grandes" si su peso era superior a los 2 g. Esto, para su posterior análisis.

6.3.3) RUTAS DE REGRESO

Se utilizó una cámara digital con disparador automático, montada en un tubo telescópico de aproximadamente 4 metros de longitud, para obtener secuencias de fotografías que abarcaran cada poza utilizada en el experimento. Con la ayuda del programa Corel Draw-9, se armaron las series fotográficas para obtener el mapa de cada



poza y el mapa general de la zona de trabajo. En el mapa obtenido fueron señaladas las distancias aproximadas entre pozas, así como su ubicación en relación al mar. Se identificaron las entradas y salidas de agua en cada caso, así como las principales rutas que podían seguir los organismos durante sus desplazamientos. A través de observación directa se localizaron organismos marcados transitando en las rutas señaladas.

6.3.4) INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE MAREAS.

Teniendo en cuenta que las variaciones de marea pueden ser una variable importante para favorecer los desplazamientos de los organismos, se delimitó cada poza intermareal utilizada a través de transectos, los cuales permitieron definir claramente la extensión de cada poza durante la marea baja, mientras que durante la pleamar sirvieron para identificar la zona que correspondía a la poza en cuestión.

Se utilizaron tablas de mareas y el programa computacional llamado "Tides" para conocer las variaciones de las mareas en el momento en que se avistaba por primera ocasión cada organismo previamente marcado. De esta forma se obtuvieron elementos para señalar la posible influencia del cambio de mareas sobre los desplazamientos que realizan los peces.

Cabe señalar que en la poza 4 se hizo la captura de organismos en dos días para completar una muestra de tamaño equivalente al de la poza 3 (18 y 18 organismos respectivamente) y, por consiguiente, la liberación se hizo a diferentes tiempos.

Se registró la temperatura (°C) y la salinidad (ppm) en las cuatro pozas utilizadas en el experimento, con el propósito de establecer en qué medida variaban estos parámetros a lo largo de un día. Para ello se utilizó un salinómetro-conductímetro digital YSI® con termómetro integrado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.4) ANÁLISIS DE LOS DATOS

Con la finalidad de establecer si existen diferencias entre los grupos considerados en el diseño experimental, se realizó el análisis de los datos utilizando el análisis intercuartilico y la prueba de contraste no paramétrica conocida como prueba "U" de Mann-Whitney. Esta prueba estadística no paramétrica es equivalente a la prueba de "t" (Mendenhall, 1979) y permite hacer comparaciones entre muestras que no se distribuyen normalmente. En su aplicación se asume que los conjuntos de datos que se comparan tienen una distribución similar (Wheater y Cook, 2000).

De acuerdo con Johnson y Bhattacharyya (1992), los procedimientos no paramétricos se utilizan cada vez con mayor frecuencia porque se pueden aplicar a una gran variedad de formas de distribución poblacional. El conjunto de datos obtenidos puede tener distintas escalas y, mediante el empleo de estas técnicas, no se obtendrán sesgos en las estimaciones. Así, la violación de supuestos sobre una distribución determinada no es un impedimento para obtener estadígrafos de prueba.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7) RESULTADOS

7.1) DE LABORATORIO

Los resultados de las pruebas preliminares para determinar la concentración de anestésico que convenía utilizar en los organismos que serían marcados con el VIE[®], teniendo en cuenta la temperatura del agua en que viven, la talla y el peso de cada uno, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de diferentes concentraciones de anestésico (aceite de clavo) y sus efectos en organismos de *Bathygobius ramosus*. H=hembra, M=macho. (*) Prueba preliminar.

Prueba	Concentración de anestésico (mg l ⁻¹)	Peso (g)	Longitud total (cm)	Sexo	Tiempo en que se anestesió (min:seg.)	Grado en que se anestesió (%)	Tiempo de recuperación (min:seg.)
1*	40	10.7	—	M	8:30	90	8:00
2*	60	5.3	—	H	4:35	95	5:00
3*	60	3.1	—	H	2:30	95	3:00
4	80	6.13	7.5	H	4:05	95	4:40
5	80	4.72	7.0	H	2:50	92	4:20
6	80	3.82	6.5	H	3:20	98	3:05
				Media=	3:25	Media=	4:16
7	100	6.18	8.0	M	3:10	98	3:00
8	100	2.99	6.5	M	2:20	98	2:40
9	100	9.90	8.5	M	1:30	90	2:15
				Media=	2:20	Media=	2:38
10	120	4.31	6.5	H	2:00	98	2:30
11	120	5.26	7.5	M	1:30	98	1:50
12	120	3.47	6.0	H	1:30	95	1:45
				Media=	1:40	Media=	2:16

De acuerdo con las pruebas realizadas con diferentes concentraciones de anestésico (Tabla 1), se determinó que para *Bathygobius ramosus* conviene utilizar una concentración de aceite de clavo de 120 mg l⁻¹, por ser la concentración que hacía efecto rápidamente. En un tiempo promedio de 1:40 min los organismos se anestesiaron hasta en un 98% de la escala empírica propuesta. Esto permitió su manipulación durante la marcación en un tiempo no mayor a un minuto. Con el uso de la concentración señalada de anestésico, se observó una rápida recuperación de los peces en un tiempo promedio

menor a tres minutos. Trascurrido el período de observación de tres días, se determinó que no sufrían ningún daño físico. Por lo tanto, para la realización de las siguientes fases de esta investigación se utilizó dicha concentración.

7.2) DE CAMPO

7.2.1) ORGANISMOS TRANSPLANTADOS

De los 43 organismos utilizados en el experimento, 21 fueron transplantados para determinar si esta especie presenta conductas relacionadas con la fidelidad al sitio que habita. De estos, 15 se avistaron en la poza en la que fueron capturados, lo que representa, en promedio, el 71 % de regreso (Tabla 2).

Tabla 2. Registro de organismos transplantados y de organismos del grupo control, en relación a su conducta de regreso al sitio o permanencia en el mismo, respectivamente.

Poza	N (muestra)	Transplantados	Regresaron	Localizados en otro sitio	No localizados	% de regreso
		<i>Grupo control</i>	<i>Permanecieron en el sitio</i>	<i>Localizados en otro sitio</i>	<i>No localizados</i>	<i>% de permanencia</i>
2	9	5	2	0	3	40
		4	2	0	1	25
3	16	7	6	1	0	86
		9	9	0	0	100
4	18	9	7	0	2	78
		9	5	2	2	56
Total	Transplantados	21	15	1	5	71
Total	<i>Grupo control</i>	<i>22</i>	<i>17</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>77</i>

De acuerdo con los registros de los organismos que regresaron a su hábitat original después de ser transplantados (apéndice 2), se observó que los peces de la categoría "pequeños" representaron el 13 % del porcentaje total de individuos que regresaron a su hábitat, los peces "medianos" el 47 % y los "grandes" el 40 % (Tabla 3).

A partir de los registros del tiempo de liberación de cada organismo y el tiempo en que cada uno fue avistado, es posible señalar que existe una relación inversa entre el tamaño y el tiempo de regreso. De acuerdo al análisis de los datos, se obtuvieron los valores que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 3. Registro por clase de talla de los peces que regresaron a su sitio de captura. (H=hembra, M=macho, P=pequeña, M=mediana, G=grande)

Poza	Número del pez	Sexo	Clase de tamaño	Tiempo de regreso (h)	Porcentaje de regreso por clase
4	9	H	P	37	
4	2	H	P	62	
					13
4	12	H	M	5	
4	14	M	M	5	
3	9	H	M	19	
3	14	M	M	38	
2	4	H	M	43	
2	14	H	M	43	
3	20	H	M	63	
					47
3	6	H	G	19	
3	10	M	G	19	
3	12	M	G	19	
4	5	M	G	19	
4	13	M	G	19	
4	15	M	G	19	
					40
TOTAL	N =15				100%

Tabla 4. Descriptores estadísticos de los tiempos (h) de regreso al sitio agrupados por clase de talla.

VALOR	PEQUEÑOS	MEDIANOS	GRANDES
Media	49.5	30.8	19
Desviación estándar	17.6	21.8	0.0
Error estándar	12.5	8.2	0.0
Mediana	49.5	38	19
Q ₁	43.2	12	19
Q ₃	55.7	43	19
Mínimo	37	5	19
Máximo	62	63	19
N	2	7	6

De acuerdo con la información anterior, los organismos de *B. ramosus* tardaron en promedio 28.6 h para regresar desde la poza en que fueron transplantados hasta el sitio donde fueron capturados, recorriendo distancias de 12 metros aproximadamente entre la

poza 1 y la poza 2, y una distancia de 6 metros aproximadamente entre la poza 3 y la poza 4.

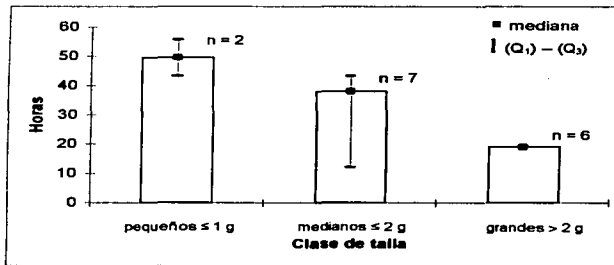


Figura 6. Tiempo de regreso al sitio de captura con respecto al tamaño de los organismos utilizados en los trasplantes de las pozas 2, 3 y 4. En la categoría "grandes", los valores de los cuartiles son iguales al valor de la mediana.

Al comparar el tiempo de regreso entre las clases de tamaño, no existen diferencias significativas entre las categorías "pequeños" y "medianos" ($U = 5$, $p > 0.05$). Cuando se comparó al grupo de tamaño "pequeño" con el grupo de tamaño "grande", se determinó que entre ambos grupos sí existen diferencias significativas ($U = 12$, $p < 0.05$). Finalmente, entre el grupo de los organismos "medianos" y el grupo de "grandes" no se encontraron diferencias significativas ($U = 15$, $p > 0.05$).

En relación al sexo de los organismos trasplantados, se liberaron al azar tanto hembras como machos en una proporción de 1:1. Del total de individuos que demostraron su capacidad para regresar al lugar que habitan normalmente, el 53 % fueron hembras y el 47 % machos. Sin embargo, los machos regresaron en menos tiempo que las hembras

(Tabla 5, figura 7) quienes regresaron a su sitio transcurridas 36 h, mientras que los machos regresaron a las 19 h.

Tabla 5. Descriptores estadísticos estimados por sexo a partir de los tiempos (h) de regreso al sitio.

	HEMBRAS	MACHOS
Media	36	19
Desviación estándar	20.84	9.60
Error estándar	7.37	3.62
Mediana	40	19
Q ₁	19	19
Q ₃	52.5	19
Mínimo	5	5
Máximo	63	38
N	8	7

A partir de las observaciones realizadas durante tres días consecutivos se logró establecer que los gobios que retomaron a su sitio se mantuvieron en ese lugar durante este periodo. Es decir, una vez que los peces volvieron a la poza donde fueron capturados, permanecieron en su nicho.

Si bien no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de regreso de las hembras y de los machos ($U = 14.5$, $p > 0.05$), se observa una tendencia a la disminución del tiempo de regreso en relación a estos últimos (figura 7) puesto que los valores medianos y máximos de los tiempos de regreso son mayores en las hembras.

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

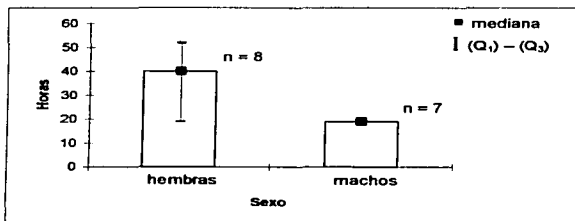


Figura 7. Tiempo de regreso al sitio de los organismos transplantados de acuerdo al sexo. En los machos el valor de la mediana es igual que el valor de los cuartiles.

En total, de 21 peces transplantados (figura 8), 15 fueron capaces de regresar al lugar donde fueron capturados, observándose que en la poza 2 la proporción de regreso de organismos fue menor comparada con la proporción de regreso entre las pozas 3 y 4.

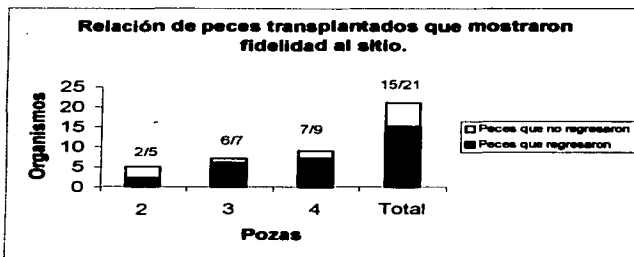


Figura 8. Número de organismos que mostraron fidelidad al sitio en las pozas de marea identificadas como 2, 3 y 4, al regresar a su sitio de captura después de ser transplantados (ver diseño experimental, figura 5).

7.2.2) ORGANISMOS NO TRANSPLANTADOS

De los 43 organismos utilizados en el experimento, 22 fueron marcados y regresados a su sitio original (grupo control), con la finalidad de observar si se mantenían en el lugar donde fueron capturados.

En relación al total de organismos que sirvieron como control ($n = 22$), se observó que una alta proporción (17 de ellos) permaneció en su sitio, representando el 77 % del total (Tabla 2). De las tres pozas utilizadas, la poza número 3 mantuvo a su población muestreada completa (figura 9), mientras que en la poza número 4 se observó a poco más de la mitad de la población (5/9) mantenerse en su sitio de origen.

De acuerdo al registro de las características de cada uno de los organismos que formaron el grupo control (apéndice 3), se observó que no existieron variaciones en la proporción de sexos a lo largo del período de observación, es decir, permanecieron en el sitio tanto hembras como machos, sin sobresalir en número ninguno de ellos.

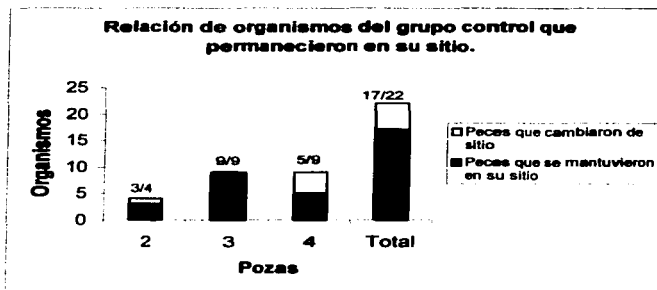


Figura 9. Número de peces que mostraron fidelidad al sitio, al permanecer en el lugar de captura y liberación por lo menos durante tres días de observación.

En resumen, de acuerdo a los datos, de los 43 organismos utilizados en total, el 71% mostró ser fiel a su sitio al regresar hasta el lugar donde se le capturó, después de transplantarse en una poza intermareal similar a la que normalmente ocupaban (figura 10a). De los peces que sirvieron como control, el 77 % mostró fidelidad a su sitio al permanecer en el mismo lugar de captura y liberación durante los tres días de observaciones (figura 10b). Algunos organismos fueron avistados en repetidas ocasiones en una poza donde no se les capturó, pertenecientes tanto a la población de organismos transplantados (5 %) como al grupo de organismos no transplantados (9 %).

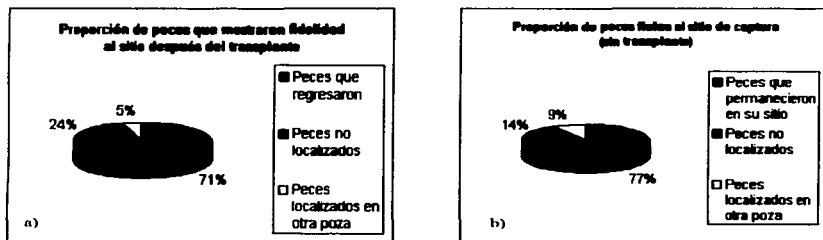


Figura 10. Proporción de organismos que mostraron fidelidad al sitio a) con organismos transplantados y b) con organismos del grupo control que se mantuvieron en su sitio.

Finalmente, es necesario señalar que de 43 organismos marcados, fue posible localizar a 35 de ellos. Las probables causas que explican la ausencia de 8 organismos se indican en la sección de discusión de resultados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.2.3) RUTAS DE REGRESO

La reconstrucción digitalizada de la zona de estudio (figura 11), permite observar que entre las pozas se forman circuitos que permiten el libre flujo del agua y de los organismos durante la pleamar y en las ocasiones en que el embate de las olas acarrea agua hacia el sistema intermareal. En cambio, durante la marea baja la amplitud y profundidad de los canales de comunicación entre las pozas es limitada, impidiendo así que los peces se puedan desplazar por lo que se les observó refugiados en pequeñas oquedades, o bajo las rocas.

Los circuitos señalados en la figura 11 generan rutas de migración que conectan las pozas 1 y 2, al igual que con las pozas 3 y 4, a través de canales angostos y de poca profundidad formados, en su mayoría, sobre roca sólida. En algunas partes presentan acumulación de arenas finas y medias.

Cuando se realizaron observaciones en las proximidades de las pozas, fue posible detectar peces marcados que nadaban a través de los canales, sin embargo, no pudieron ser identificados plenamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

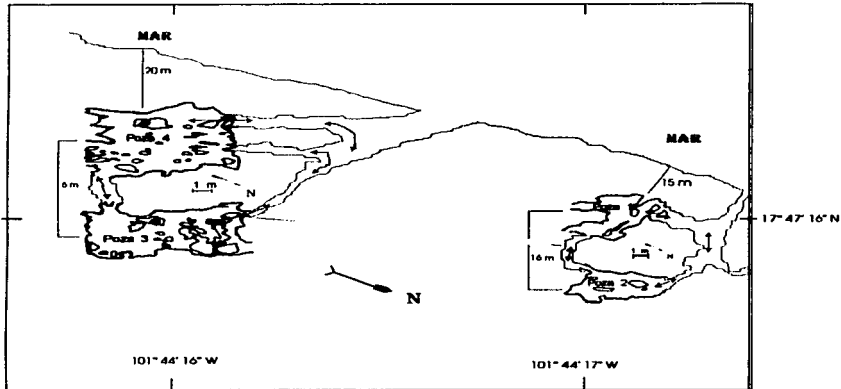


Figura 11. Rutas utilizadas por los organismos transplantados para regresar al sitio donde fueron capturados. Las flechas señalan algunas de las direcciones en que nadaban peces marcados y sin marcar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.2.4) INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE MAREAS

Considerando el momento de liberación de los organismos (en la poza correspondiente) que participaron en el trasplante recíproco y los registros de los avistamientos, se estableció una relación con el nivel de variación de mareas, de acuerdo a la información proporcionada por la estación de monitoreo satelital más próxima a Playa de Troncones, que se encuentra en Lázaro Cárdenas, Michoacán.

De acuerdo con la gráfica de la variación de mareas (figura 12), se puede observar que la liberación de organismos marcados se realizó durante la pleamar y que los

registros de los peces que regresaron a su poza original coinciden con momentos posteriores al máximo de la pleamar.

Como se observa en la figura 12, después del primer pico de pleamar, correspondiente al día 4, se registraron los primeros cuatro organismos (identificados como 3/6, 3/9, 3/10 y 3/12, de acuerdo al apéndice 2) que habían regresado al sitio donde fueron capturados, después de transcurrir 19 horas. Unos minutos más tarde, se registró el regreso de dos de los cinco organismos que fueron liberados horas antes (2/4 y 2/14), con un registro de 43 horas transcurridas, y en forma sucesiva, dos organismos de la poza 4 (4'/12 y 4'/14), con un tiempo de regreso de 5 horas. Después de otros máximos de pleamar, se registró el regreso de los 7 organismos restantes que mostraron ser fieles al sitio en que vivían.

Los registros de temperatura y salinidad (Tabla 6), sugieren que las pozas señaladas como 1 y 4 generalmente mantienen un intercambio constante de agua por influencia del oleaje, mientras que en las pozas más alejadas del océano adyacente (pozas 2 y 3), el intercambio de agua se debe principalmente a momentos de oleaje elevado y durante la pleamar. Este aislamiento de los sistemas dio lugar a variaciones en la temperatura del agua en los distintos momentos del ciclo mareal. Entre las pozas 1 y 2 no hubo diferencias significativas ($U = 4, p > 0.05$) en los registros de temperatura, solo se detectó una diferencia de $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una temperatura promedio de $30.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la poza 1 y $30.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la poza 2. Para las pozas 4 y 3 la variación fue de $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, con temperaturas promedio de $31.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $32.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, entre ellas tampoco hubo diferencias significativas ($U = p > 0.05$). Las pozas más próximas al continente (2 y 3) fueron las que presentaron temperaturas mayores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

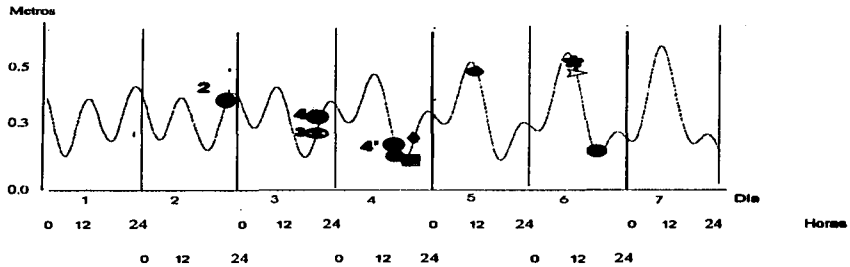


Figura 12. Variación de mareas en los días 1 a 7 de octubre de 2001, de acuerdo a los registros de la estación de Lázaro Cárdenas, Michoacán, y registros de regreso al sitio de los organismos transportados.

- Anotaciones:**
- 2 : Liberación de organismos de la poza 2, 02/10/01, 21:30 h
 - 3 : Liberación de organismos de la poza 3, 03/10/01, 21:00 h
 - 4 : Liberación de organismos de la poza 4, 03/10/01, 22:00 h
 - 4 : Liberación de organismos de la poza 4, 04/10/01, 16:15 h

Poza / Número de organismo (de acuerdo al apéndice 2)

- 3/8, 3/9, 3/10, 3/12
- 2/4, 2/14
- ◆ 4/12, 4/14
- 3/14, 4/5, 4/13, 4/15
- ▲ 3/20
- ▷ 4/2
- 4/9

Descripción de claves de organismos que regresaron a su sitio.

Clave	Poza	Organismo	Sexo	Clase de tamaño	Tiempo de regreso (h)
3/8	3	6	hembra	grande	19
3/9	3	9	hembra	mediana	19
3/10	3	10	macho	grande	19
3/12	3	12	macho	grande	19
2/4	2	4	hembra	mediana	43
2/14	2	14	hembra	mediana	43
4/12	4	12	hembra	mediana	5
4/14	4	14	macho	mediano	5
3/14	3	14	macho	mediano	38
4/5	4	5	macho	grande	19
4/13	4	13	macho	grande	19
4/15	4	15	macho	grande	19
3/20	3	20	hembra	mediana	63
4/2	4	2	hembra	pequeña	62
4/9	4	9	hembra	pequeña	37

En cuanto a la salinidad, se observó que este parámetro tuvo pequeñas variaciones. En promedio se registró una concentración de 34.1 ppm en las pozas 2, 3 y 4, mientras que en la poza 1, la media fue de 33.9 ppm. Entre las pozas 1 y 2 no hubo diferencias significativas ($U = 7, p > 0.05$), y tampoco entre las pozas 3 y 4 ($U = 8, p > 0.05$).

Tabla 6. Registros de temperatura y salinidad en las cuatro pozas de marea utilizadas.

Poza	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)	Hora de lectura
1	29.5	34.0	10:55
	30.5	33.5	13:00
	30.8	34.2	15:20
	29.7	34.2	17:20
	media = 30.1	media = 33.9	
2	30.0	34.1	11:00
	31.6	33.9	13:00
	32.1	34.2	17:25
	30.0	34.2	17:25
	media = 30.9	media = 34.1	
3	30.4	34.0	11:05
	32.9	33.9	13:05
	34.1	34.2	15:27
	31.4	34.4	17:30
	media = 32.2	media = 34.1	
4	29.6	34.0	11:10
	33.0	33.9	13:08
	33.4	34.3	15:30
	30.7	34.3	17:30
	media = 31.6	media = 34.1	

8) DISCUSIÓN

Las observaciones realizadas en este trabajo se basan en el conjunto general de técnicas llamadas "captura-recaptura". Estos métodos han sido ampliamente utilizados en estudios de ecología de poblaciones (Krebs, 1999). Si bien las estimaciones que se obtienen a partir de su aplicación son precisas, su efectividad no es siempre del 100%. Los resultados relacionados con la permanencia de los organismos en las pozas de marea en que fueron capturados, denominados como "grupo control" en los experimentos de trasplante recíproco mostraron una eficiencia del 77%. Este porcentaje corresponde a los registros de los organismos que se liberaron en la poza en que fueron capturados, después de haber sido marcados. Así, el 23% restante puede considerarse como un estimador de la magnitud del "error" de esta metodología. Existe un conjunto de causas por las cuales algunos organismos no pudieron ser avistados, relacionadas tanto con la biología de la especie como con las limitaciones de la metodología utilizada. Entre ellas, pueden señalarse las siguientes:

- a) Los periodos de mayor actividad de *B. ramosus* está limitado por la presencia de los picos máximos de marea y por las condiciones ambientales que prevalecen en su hábitat (Alcaraz et al., 2002). Por consiguiente, el intervalo de tiempo en que se realizaron los registros pudo haber reducido las posibilidades de avistamiento de los organismos.
- b) Los refugios que utiliza esta especie se localizan generalmente en oquedades bajo las rocas (Badillo, 2003). Dado el conjunto de expresiones conductuales de *B. ramosus* es posible suponer que, aunque los peces estuvieran presentes, no fue posible detectarlos puesto que las marcaciones con VIE® requieren de la observación directa para identificar las marcas que permiten reconocer plenamente a cada organismo.

- c) Aunque una especie sea fiel a un sitio, también realiza recorridos relacionados con el reconocimiento, la alimentación, la reproducción y el escape de depredadores entre otros. Esta variedad de conductas pueden limitar las posibilidades de avistar a un individuo en un momento determinado.
- d) Las distintas causas de mortalidad, que son difíciles de estimar en el campo.
- e) En algunas ocasiones, la distancia entre el observador y los organismos marcados, no permita distinguir claramente las marcas que indicaban de qué organismo se trataba, por consiguiente, no se hacía ningún registro.

La visión global de los resultados obtenidos en este trabajo debe considerar las posibilidades anteriormente señaladas puesto que, en ningún caso, se puede descartar un conjunto de errores estocásticos asociados a las observaciones que determinan que la metodología no permita el 100% de eficiencia.

En términos de los resultados del experimento de trasplante recíproco, el 71 % de los organismos reubicados en otra poza regresaron al lugar en el que fueron capturados (figura 10a), mientras que el 77 % de los peces que conformaron el grupo control fueron avistados en su sitio durante el periodo de observación. De acuerdo con autores como Aronson. (1951; 1971), Green (1971), Khoo (1974), Richkus (1978), Yoshiyama et al. (1992) y Mamane (2000) esto es una clara expresión de la conducta de fidelidad al sitio.

De acuerdo con la secuencia de los registros, es posible que estos resultados se incrementaran si el tiempo de monitoreo y observación en cada poza de marea fuera mayor al de los tres días utilizados. Así, por una parte, se estaría dando oportunidad de que los peces tuvieran más tiempo para reconocer su entorno (situación que favorecería a los organismos que no han desarrollado por completo conductas de fidelidad al sitio) y fueran capaces de regresar a la poza en que normalmente viven. Por otra, se permitiría

que la plasticidad de la conducta de cada organismo se expresara (Chapman, 2000) y que tuvieran oportunidad de ocupar un nuevo espacio dentro de la región en que se desarrollan, considerando la posibilidad de encontrar mejores condiciones ambientales o de disponibilidad de recursos en los lugares en que fueron transplantados (Ross y Lancaster, 2002).

A pesar de la tendencia general mostrada por los resultados, es importante resaltar algunas particularidades sobre este comportamiento general. Al comparar el número de organismos que regresaron a su poza original, puede observarse que la mayoría de los peces de la poza 2 no expresaron fidelidad al sitio (figura 8). De cinco organismos transplantados de la poza 2 a la 1, tres "grandes" (2 machos y 1 hembra) no fueron reavistados. Esto puede interpretarse de dos formas: la primera, que no expresaban la conducta de fidelidad al sitio donde vivían y, la segunda, que la poza en la que fueron capturados no era su nicho original sino una poza que estaba dentro del espacio en el que estos organismos realizan incursiones con diferentes fines. Así, al momento de ser transplantados no se quedaron en el nuevo sitio y tampoco regresaron a la poza de origen (poza 2).

En forma contraria, tanto en la poza 3 como en la poza 4, la mayoría de los peces transplantados regresaron a su sitio original. En la poza 3, se observó que los peces categorizados como "grandes" fueron los que regresaron a su poza original en un menor tiempo. Estos fueron avistados en su lugar de origen junto con una hembra "mediana" y, posteriormente, arribaron otros organismos pertenecientes a la categoría "medianos". Estos resultados confirman lo expuesto en las hipótesis de trabajo, puesto que parece más clara la expresión de la fidelidad al sitio en peces de mayor tamaño, sobre todo machos. Este hecho puede estar relacionado con los hábitos reproductivos de *B. ramosus* ya que son ellos los que se encargan de cuidar las puestas en sus refugios, una vez ocurrido el apareamiento (Horn y Gibson, 1988).

Contrastando con la información obtenida en la poza 3, en la poza 4, dos organismos "medianos", de un total de siete, regresaron primero a su sitio (en un tiempo de 5 horas), de los cuales uno era hembra y el otro macho. Esta situación señala que probablemente algunos peces comprendidos en esta categoría empiezan a presentar una conducta más definida de fidelidad al sitio donde viven, en comparación con los organismos "pequeños". A diferencia de los más grandes, los "medianos" perciben en menor grado el riesgo de depredación al que se exponen al nadar en recorridos extensos (Underwood, 2000) y, por consiguiente, podrían regresar más rápido a su lugar de origen en comparación con los grandes. Otra posible explicación de estas observaciones está relacionada con la profundidad de la columna de agua en los canales de comunicación entre las pozas 3 y 4 que, al ser somera (≤ 2 cm), sólo permitiría el paso de los organismos "medianos".

En términos generales, se advirtió que existe una tendencia inversa entre el tamaño de los organismos y el tiempo en que regresan a su sitio original. Las observaciones puntuales permiten decir que los peces "grandes" regresan en menos tiempo, después los "medianos" y finalmente los "pequeños". A pesar de que la tendencia entre el tiempo de regreso y el tamaño de los organismos parece bien definida (figura 6), las diferencias estadísticas en los tiempos de regreso sólo se presentaron entre los organismos "pequeños" y los grandes ($U = 12, p < 0.05$).

La tendencia observada puede estar relacionada, por un lado, con el hecho de que los organismos pequeños aún no desarrollan la conducta de fidelidad al sitio. Por otro lado, la disponibilidad de recursos y el tiempo que se ha hecho uso de ellos (Johnson y Forser, 2002) es otra explicación. Es decir, cuanto más tiempo un organismo ocupe el sitio, el valor de éste aumenta. La expresión conductual consecuente será la de regresar al sitio de mayor valor después de realizar recorridos de reconocimiento dentro de su ámbito de acción (Green y Fisher, 1977).

Aunque el presente trabajo se aboca a comprobar la fidelidad al sitio y no a otras conductas agonísticas de los gobios, cabe hacer mención que en algunos organismos (como el macho "grande" identificado como 4/13), se observaron conductas agresivas dentro de la poza que ocupaban. Entre ellas, se presentaron cambios de coloración, de verde olivo a negro, despliegues intimidatorios hacia otros organismos de su misma especie y nados persecutorios, mientras que los organismos más pequeños, subordinados, se replegaban. Hsu y Wolf (2001) reportaron observaciones similares en peces de la especie *Rivulus marmoratus* y, de acuerdo con Stamps y Krishnan (2001), en general, la manifestación de conductas agresivas favorece la ocupación de espacios más amplios y la disposición de los mejores recursos.

Dado que la proporción de sexos de los organismos experimentales fue de 1:1, los resultados obtenidos no están sesgados por una falta de proporcionalidad. La tendencia de los resultados (figura 7) sugiere que el tiempo de regreso de las hembras es mayor que el de los machos. Sin embargo, de acuerdo a la prueba U de Mann-Whitney, no hay una diferencia significativa entre los tiempos de regreso de ambos sexos ($U = 14.5$, $p > 0.05$). La contradicción de los resultados obtenidos analizando los datos por dos métodos distintos se explica por las diferencias en los valores de dispersión de los datos para ambos grupos.

Biológicamente, es posible suponer que las hembras forman una parte subordinada de la población al ser de menor tamaño en relación a los machos. Al respecto, se sabe que estos organismos presentan una organización social jerárquica (basada en conductas agonísticas). Por consiguiente, además del sexo, el tamaño, la experiencia y la madurez sexual determinan si un organismo será dominante o subordinado (Gibson, 1982; Schreck y Moyle, 1990). Aunado a esto, y dado que son los machos quienes resguardan el desarrollo de las crías (Horn y Gibson, 1988), las hembras

no compiten por sitios de anidación y no desarrollan fuertes lazos de unión con un lugar determinado.

El análisis de los resultados concernientes a los grupos control permite decir que del total de organismos ($n = 22$, en cuya composición por tamaños predominaron los "grandes", seguidos por los "medianos" y los "pequeños"), se registró la permanencia de 17 de ellos en sus respectivas pozas durante tres días de observación. Esto indica que es muy probable que al momento de su captura dichos organismos se encontraran en el sitio que habitaban normalmente y que son fieles a ese sitio.

En la poza 3 se utilizaron como control a 9 organismos y el 100% de ellos se mantuvo en el sitio en que fueron capturados. En cambio, de 9 organismos utilizados como control en la poza 4, se registró la permanencia de cinco de ellos (55 %). Considerando que la poza 4 estaba muy próxima a la poza 3, y que era frecuente observar organismos que pasaban de una poza a otra cuando aumentaba la columna de agua por acción del oleaje, es posible suponer que esos 4 organismos fueron capturados en una poza que no habitaban, es decir, se capturaron cuando hacían un reconocimiento de su entorno.

En la figura 12 se observa que, en los dos momentos en los que se registró el mayor número de organismos que desplegaron la conducta de fidelidad al sitio, los desplazamientos ocurrieron en coincidencia con los picos de pleamar. La elevación del nivel del mar en esos momentos permitió el mayor intercambio de agua en los canales, facilitando la movilidad de los peces.

Considerando la variación de mareas, en la poza 4 fueron plenamente identificados tres machos "grandes" en la observación realizada a las 19 horas, como ocurrió en forma similar en la poza 3. Este resultado concuerda con la idea propuesta por Underwood (2000), quien señala que los organismos grandes requieren una columna de agua profunda que les permita nadar libremente y así reconocer las características

topográficas del ambiente para volver a ocupar el sitio de donde son extraídos, sin necesidad de exponerse a depredación. De ahí que sólo fueran avistados durante la pleamar más próxima (figura 12), a partir del momento de su liberación en el transplante.

Dado que el grupo de organismos señalados como 3/6, 3/9, 3/10 y 3/12, fue localizado en su sitio original aproximadamente 6 horas después de la pleamar, los resultados indicarían que desde el momento en que se liberó el grupo de organismos señalado, hasta el máximo de la pleamar más próxima habían transcurrido 13 horas. Por esta razón, es factible suponer que estos peces pudieron haber regresado en 13 horas y no a las 19 horas en que se avistaron. En forma similar, en el grupo de los organismos 4/5, 4/13 y 4/15, la observación se realizó aproximadamente una hora después del pico de pleamar, por lo que es probable que aprovecharan dicho evento para desplazarse y en realidad hayan regresado en 18 horas y no en el tiempo que tocó la observación en dicha poza (a las 19 h después del transplante). En este sentido, si bien el diseño experimental de trasplantes recíprocos aporta información general sobre la fidelidad al sitio, se requiere un mayor número de observaciones secuenciales para asegurar los tiempos de regreso de los individuos.

De esta forma, es posible decir que uno de los factores que, al parecer, es determinante en el éxito de regreso de los organismos trasplantados al sitio original, está relacionado con la variación de las mareas. La altura media de la columna de agua ocasiona que los organismos puedan transitar por los canales de comunicación que existen entre las pozas (figura 11). Como se muestra en la figura 12, los máximos de pleamar durante los tres días de observación favorecieron a los organismos para expresar su capacidad de regreso a la poza de donde fueron extraídos. En cambio, las variaciones de temperatura y salinidad entre pares de pozas fueron mínimas y, por consiguiente, es probable que no hayan tenido influencia en los desplazamientos.

En términos comparativos, los trabajos realizados en relación con la fidelidad al sitio reportan porcentajes de regreso desde el 10%, como lo señala Richkus (1978) con peces intermareales de la especie *Clinocottus analis*, el 31 % reportado por Yoshiyama *et al.* (1992) en varias especies de escúlpidos, el 49 % que reporta Mamane (2000) en peces Apogonidae, el 80% en la especie *Oxyjulis californica*, hasta el 100 % para la especie arrecifal *Chromis punctipinnis* como reporta Hartney (1996). Dado que el promedio general de regreso que mostró *Bathygobius ramosus* como resultado de los experimentos realizados *in situ* es del 71 %, es posible señalar que existen claras evidencias de fidelidad al sitio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9) CONCLUSIONES

- De acuerdo a los registros en campo, se pudo determinar que, de los 21 organismos transplantados, el 71 % regresó al lugar que ocupaba al momento de su captura en un tiempo promedio de 28 horas. Considerando el grupo de 22 peces que sirvió como control, el 77 % permaneció en el mismo sitio donde fueron capturados, marcados y liberados, al menos durante los tres días de observación. Esta información señala que los individuos de *Bathygobius ramosus* despliegan conductas de fidelidad al sitio en que viven.
- El tamaño de los organismos tiene una tendencia inversa con el tiempo en que regresaron los peces transplantados. Entre más grande es el organismo, menor el tiempo necesario para regresar al sitio en que se capturó. Existen diferencias significativas en los tiempos de regreso de los organismos "pequeños" y "grandes" ($U = 12, p < 0.05$).
- De acuerdo al análisis intercuartílico, existe una tendencia de los machos a regresar a su sitio de origen en menor tiempo (19 h) que las hembras (40 h), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los tiempos de regreso entre los sexos ($U = 14.5, p > 0.05$).
- Los registros de las fluctuaciones del nivel del mar, inducidas por la marea, y los registros del tiempo de regreso de los organismos, sugieren que los organismos de *B. ramosus* aprovechan los picos de la pleamar para reconocer la zona a la que fueron desplazados y para localizar las rutas favorables que les permiten ir de un lugar a otro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LITERATURA CITADA

- Alcaraz, G., Vanegas, C. y Chiappa-Carrara, X., 2002. Metabolic rate of *Bathygobius ramosus* upon a natural daytime tidal cycle. *Oceanography of the Eastern Pacific*, 11:60-66.
- Allen, G.R. y Robertson, D.R., 1994. *Fishes of the tropical Eastern Pacific*. University of Hawaii Press, Honolulu, 332 p.
- Almada, C.V., Oliveira F.R. y Gonçalves J.E., 1999. Behaviour and conservation of littoral fishes. Instituto Superior de Psicologia Aplicada, Lisboa, Portugal, 561 pp.
- Aronson, L.R., 1951. Orientation and jumping behavior in the gobiid fish *Bathygobius soporator*. *American Museum Novitates*. The American Museum of Natural History City of New York, 1486. 1-22.
- Aronson, L.R., 1971. Further studies on orientation and jumping behavior in the gobiid fish *Bathygobius soporator*. *Annals of the New York Academy of Sciences*. The American Museum of Natural History City of New York 188: 378-392.
- Badillo, A. M., 2003. Bioenergética y temperatura crítica máxima de *Bathygobius ramosus*, Ginsburg, 1947. Tesis de Maestría en Ciencias. Biología Marina. ICMYL, UNAM.
- Baldaccini, N.E., Giunchi D. y Mongini E., 1999. A long term study on initial orientation in sand martins (*Riparia riparia*). *Behaviour an International Journal Brill of Behavioural Biology*, 136:1311-1323.
- Belanger, G. y Rodríguez M.A., 2001. Homing behaviour of stream-dwelling brook charr following experimental displacement. *Journal of Fish Biology*, 59: 987-1001.
- Blaustein, A.R., Chivers D.P., Kats L.B. y Kiesecker J.M., 2000. Effects of ultraviolet radiation on locomotion and orientation in roughskin newts (*Taricha granulose*). *Ethology*, 106: 227-234.
- Chapman, M.G., 2000. Poor design of behavioural experiments gets poor results: examples from intertidal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250: 77-95.
- Craick, S.J.G., 1981. The effects of age and length on homing performance in the intertidal cottid, *Oligocottus maculosus* Girard. *Canadian Journal of Zoology*, 59: 598-604.
- De la Cruz, A.J., Arellano, M.M. y Cota, G.V.M., 1997. Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. CONABIO. La Paz Baja California Sur, México, 346 p.
- Dewey, M.R. y Zigler S.J., 1996. An evaluation of fluorescent elastomer for marking bluegill sunfish in experimental studies. *The Progressive Fish Culturist* 58:219-220.

-
- Douglas, E.G., 1979. Density dependence and homing behavior in adult red-spotted newts *Notophthalmus viridescens* (Rafinesque). *Ecology*, 60(4) 800-813.
- García, E., 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Offset Larios. México, D.F. 217 p.
- Gibson, R. N., 1982. Recent studies on the biology of intertidal fishes. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 20: 363-414.
- Gibson, R. N., 1999. Movement and homing in intertidal fish. In: *Intertidal fishes, life in two worlds*. Ed. By M. Horn, K. Martin and M. Chotkowski. Academic Press, USA 97-125.
- Ginsburg, I., 1947. American species and subspecies of *Bathygobius*, with a demonstration of a suggested modified system of nomenclature. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 37(8):275-284.
- Green, J.M., 1971. High tide movements and homing behaviour of the tidepool sculpin *Oligocottus maculosus*. *Journal of the Fisheries Research Board Canada*, 28: 383-389.
- Green, J.M. y Fisher, R., 1977. A field study of homing and orientation to the home site in *Ulvaria subbifurcata* (Pisces: Stichaeidae). *Canadian Journal of Zoology*, 55: 1551-1556.
- Griffiths, S.P., 2000. The use of clove oil as an anaesthetic and method for sampling intertidal rockpool fishes. *Journal of Fish Biology*, 57: 1453-1464.
- Hartney, K.B., 1996. Site fidelity and homing behaviour of some kelp-bed fishes. *Journal of Fish Biology*, 49: 1062-1069.
- Horn, M. H. y Gibson, N.R., 1988. *Intertidal Fishes*. *Scientific American*, 258(1): 64-70.
- Hsu, Y. y Wolf L.L., 2001. The winner and loser effect: what fighting behaviours are influenced? *Animal Behaviour*, 61: 777-786.
- Jakob, E.M., Porter A.H. y Uetz, G.W., 2001. Site fidelity and the costs of movement among territories: an example from colonial web-building spiders. *Canadian Journal of Zoology*, 79(11): 2094-2100.
- Johnson, R.A. y Bhattacharyya, G.K., 1992. *Statistics Principles and Methods*. 2ª ed. John Wiley & Sons, Inc. USA 686 p.
- Johnsson, J.I. y Forser A., 2002. Residence duration influences the outcome of territorial conflicts in brook trout (*Salmo trutta*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 51(3): 282-286.

-
- Khoo, H.W., 1974. Sensory basis of homing in the intertidal fish *Oligocottus maculosus* Girard. *Canadian Journal of Zoology*, 52: 1023– 1029.
- Kokko, H. y Lundberg P., 2001. Dispersal, migration, and offspring retention in saturated habitats. *The American Naturalist*, 157(2): 188–202.
- Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, CA, USA, 620 p.
- Lemaster, M.P., Moore I.T. y Mason R.T., 2001. Conspecific trailing behaviour of red-sided garter snakes, *Thamnophis sirtalis parietalis*, in the natural environment. *Animal Behaviour*, 61: 827–833.
- Lindström, K., 2001. Effects of resource distribution on sexual selection and the cost of reproduction in sandgobies. *The American Naturalist*, 158(1): 64–74.
- Manning, A., 1985. *Introducción a la conducta animal*. Alianza Editorial, S. A., Madrid, 424 p.
- Marnane, M.J., 2000. Site fidelity and homing behaviour in coral reef cardinalfishes. *Journal of Fish Biology*, 57: 1590–1600.
- Mendenhall, W., 1979. *Introduction to Probability and Statistics* 5th ed. Duxbury Press, Massachusetts U.S.A. 594 p.
- Nelson, J. 1994. *Fishes of the world*. 3ª Ed. Wiley & Sons, 523 p.
- Noda, M. Gushima, K. y Kakuda, S., 1994. Local prey search based on spatial memory and expectation in the planktivorous reef fish, *Chromis chrysurus* (Pomacentridae). *Animal Behaviour*, 47: 1413–1422.
- Northwest Marine Technology, 1996. *Elastomer Tag, Air Driven Injector System*. Shaw Island, WA U.S.A. 16 p.
- Pérez-Triz, J. y Telleria J.L., 2002. Migratory and sedentary blackcaps in sympatric non-breeding grounds: implications for the evolution of avian migration. *Journal of Animal Ecology*, 71: 211–224.
- Pomeroy, P.P., Twiss S.D. y Redman P., 2000. Philopatry, site fidelity and local kin associations within grey seal breeding colonies. *Ethology*, 106: 899–919.
- Richkus, W.A., 1978. Quantitative study of intertidal movement of the woolly sculpin *Clinocottus analis*. *Marine Biology*, 49: 277–284.
- Ross, S.W. y Lancaster, J.E., 2002. Movements and site fidelity of two juvenile fish species using surf zone nursery habitats along the southeastern North Carolina coast. *Environmental Biology of Fishes*, 63: 161–172.
-

-
- Salo, O. y Rosengren, R., 2001. Memory of location and site recognition in the ant *Formica urlensis* (Hymenoptera: Formicidae). *Ethology*, 107: 737–752.
- Schreck, B.C. y Moyle, B.P., 1990. *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 583 p.
- Shettleworth, S.J., 2001. Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour*, 61: 277–286.
- Stamps, J.A. y Krishnan V.V., 2001. How territorial animals compete for divisible space: a learning-based model with unequal competitors. *The American Naturalist*, 157(2): 154–169.
- Sturlaugsson, J., 1995. Migration Studies on homing of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in coastal waters W-Iceland— Depth movements and sea temperatures recorded at migration routes by data storage tags. *International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1995/M: 17: 13 p.*
- Thorold, S.R., Latkoczy, C., Swart, P., y Jones, C.M., 2001. Natal homing in a marine fish metapopulation. *Science*, 291: 297–299.
- Underwood, A. J., 1997. *Experiments in Ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, 504 p.
- Underwood, A. J., 2000. Experimental ecology of rocky intertidal habitats: What are we learning? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250: 51–76.
- Wheater, C.P. y Cook, P.A., 2000. *Using Statistics to Understand the Environment*. Ed Routledge, New York, 245 p.
- Yoshiyama, R.M., Gayford, K.B., Philippart, M.T., Moore T.R., Jordan, J.R., Coon, C.C., Schalk, L.L., Valpey, C.J., y Tosques, I., 1992. Homing behavior and site fidelity in intertidal sculpins (Pisces: Cottidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 160: 115–130.

APÉNDICES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Apéndice 1.— Hoja de campo utilizada para marcación y transplante de peces.



POZA 1
COLOR BASE ROJO

FECHA: _____

Organismo y Marca	Izquierda del pez	Derecha del pez	Peso (g)	Longitud (cm)	Sexo MH	Observaciones
1) R	X					
2) RR	X					
3) RRR	X					
4) RV	X					
5) RRV	X					
6) RVR	X					
7) RVV	X					
8) R / R	X					
9) R		X				
10) RR		X				
11) RRR		X				
12) RV		X				
13) RRV		X				
14) RVR		X				
15) RVV		X				
16) R / R		X				

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Apéndice 2.— Relación de peces que regresaron a su poza de origen después de transplantarse en las pozas 2, 3 y 4.

POZA	NÚMERO DEL PEZ	PESO (g)	LONGITUD (cm)	SEXO	CLASE DE TAMAÑO	TIEMPO DE REGRESO (h)
2	4	1.90	5.0	HEMBRA	MEDIANA	43
2	14	1.41	4.5	HEMBRA	MEDIANA	43
3	6	3.95	7.0	HEMBRA	GRANDE	19
3	9	1.45	5.0	HEMBRA	MEDIANA	19
3	10	4.76	7.5	MACHO	GRANDE	19
3	12	6.15	8.0	MACHO	GRANDE	19
3	14	1.65	5.0	MACHO	MEDIANA	38
3	20	1.80	5.5	HEMBRA	MEDIANA	63
4	2	0.50	3.5	HEMBRA	PEQUEÑA	62
4	5	7.63	9.0	MACHO	GRANDE	19
4	9	0.63	4.0	HEMBRA	PEQUEÑA	37
4	12	1.38	5.0	HEMBRA	MEDIANA	5
4	13	6.18	8.0	MACHO	GRANDE	19
4	14	1.88	6.0	MACHO	MEDIANA	5
4	15	4.10	7.0	MACHO	GRANDE	19

TOTAL 15 ORG. Media= 3.02 Media= 6.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Apéndice 3.— Relación de peces que formaron el grupo control en las pozas 2, 3 y 4.

POZA	NÚMERO DEL PEZ	PESO (g)	LONGITUD (cm)	SEXO	CLASE DE TAMAÑO
2	1	4.80	7.0	HEMBRA	GRANDE
2	2	6.22	8.0	MACHO	GRANDE
2	9	5.40	7.5	MACHO	GRANDE
3	1	0.52	3.5	MACHO	PEQUEÑA
3	3	1.90	5.5	HEMBRA	MEDIANA
3	5	2.87	6.0	MACHO	GRANDE
3	13	2.64	6.0	HEMBRA	GRANDE
3	15	7.40	9.0	MACHO	GRANDE
3	16	0.75	4.0	MACHO	PEQUEÑA
3	17	1.0	4.5	MACHO	PEQUEÑA
3	18	0.85	4.0	HEMBRA	PEQUEÑA
3	19	1.06	4.5	MACHO	MEDIANA
4	1	0.54	3.5	HEMBRA	PEQUEÑA
4	3	2.48	6.0	HEMBRA	GRANDE
4	6	2.86	6.5	HEMBRA	GRANDE
4	10	0.73	4.0	HEMBRA	PEQUEÑA
4	18	2.10	6.0	HEMBRA	GRANDE

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN