



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Evaluación de la interferencia reproductiva entre un pez  
endémico, *Zoogoneticus tequila* (Goodeidae) y el guppy de  
Trinidad, *Poecilia reticulata* (Poeciliidae) como  
resultado del uso de canales sensoriales compartidos.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ELIA HERNÁNDEZ GONZÁLEZ



DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. ALEJANDRA VALERO MÉNDEZ  
2011



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.

## Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno  
Hernández  
González  
Elia  
36117611  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
303082350
2. Datos del tutor  
Dra.  
Alejandra  
Valero  
Méndez
3. Datos del sinodal 1  
Dr.  
Constantino de Jesús  
Macías  
García
4. Datos del sinodal 2  
Dr.  
María Isabel  
López  
Rull
5. Datos del sinodal 3  
M.C.  
Elvia María  
Ramírez  
Carrillo
6. Datos del sinodal 4  
Biól.  
Irene  
Barbosa  
Valero
7. Datos del trabajo escrito  
Evaluación de la interferencia reproductiva entre *Zoogoneticus tequila* y *Poecilia reticulata* como resultado del uso de canales sensoriales compartidos.  
49 p, 2011

## Índice

Resumen.....	4
1.- Introducción.....	5
1.1 Selección sexual.....	5
1.2 Modelos de elección de pareja por las hembras.....	6
1.3 Interferencia reproductiva.....	9
2. Especies de estudio.....	13
2.1 <i>Zoogoneticus tequila</i> .....	13
2.2 <i>Poecilia reticulata</i> .....	14
3. Objetivos.....	17
4. Hipótesis.....	18
5. Método.....	19
5.1 Elección de sujetos.....	19
5.2 Diseño experimental.....	21
5.3 Cuantificación del color.....	23
5.4 Análisis de filmaciones.....	24
5.5 Análisis estadístico.....	24
6. Resultados.....	26
6.1 Color.....	26
6.2 Elección de pareja por parte de las hembras.....	27
6.3 Efecto del régimen selectivo y la experiencia reproductiva en la elección De pareja.....	29
6.4 El cortejo de los machos en la elección de pareja.....	36
7. Discusión.....	37
8. Conclusiones.....	40
9. Bibliografía.....	41

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer en primer lugar a la Dra. Alejandra Valero Méndez por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección y por toda su ayuda brindada, sin ella no se hubiera podido finalizar este trabajo.

También quiero agradecer al Dr. Constantino Macías García quien fue un asesor más en el desarrollo de esta tesis, gracias por su orientación en la parte estadística y por cada una de sus ideas y sugerencias, las cuales enriquecieron el escrito.

Asimismo gracias al técnico del laboratorio Edgar Ávila Luna por el apoyo brindado en el laboratorio, a los sinodales Elvia, Isabel e Irene y a cada una de las personas del Laboratorio de Conducta del Instituto de Ecología que aportaron ideas y revisaron esto.

A mi familia y a Rodrigo pues ellos amortiguan mis caídas, son los que me dan la mano para levantarme y seguir adelante, y porque son lo que más amo en esta vida.

A mis amigas Isabel, Maricela y Tania porque fueron un gran apoyo durante toda la carrera, y a Carlos por ser un buen amigo.

## Resumen

En la mayoría de las especies animales, existen atributos morfológicos, fisiológicos y/o conductuales que permiten el reconocimiento específico de pareja. Cuando estos son compartidos por especies distintas que entran en contacto, surge la posibilidad de que se genere interferencia reproductiva. En esta tesis se investigó si existía interferencia reproductiva entre los peces *Zoogoneticus tequila* (especie endémica de México y en peligro de extinción) y *Poecilia reticulata* (especie introducida), los cuales conviven en Jalisco, México. En ambas especies los machos poseen coloración anaranjada que es atractiva para las hembras. También analizamos si el régimen selectivo y la experiencia sexual que obtienen las especies cuando conviven juntas afectan la elección de pareja por las hembras, mitigando la interferencia.

Se utilizaron hembras vírgenes y con experiencia reproductiva de ambas especies las cuales provenían de 2 tipos de régimen selectivo: el primer régimen selectivo incluía hembras que provenían de encierros alopátricos (individuos de una misma especie conviviendo) y el segundo régimen incluía hembras de encierros simpátricos (en donde ambas especies han estado conviviendo). A las hembras se les presentaron machos de ambas especies y se grabó con una cámara de video su conducta para cuantificarla. Al final de cada prueba se midió la reflectancia de los parches de color anaranjado de los machos en ambas especies.

Nuestros resultados sugieren que existe interferencia reproductiva bidireccional entre *Z. tequila* y *P. reticulata*, ya que las hembras son atraídas de la misma manera tanto a los machos coespecíficos como a los heteroespecíficos, probablemente debido a la similitud en la reflectancia de las áreas anaranjadas en las dos especies. Sin embargo encontramos evidencia de que el régimen selectivo y la experiencia reproductiva pueden promover el desarrollo, en las hembras, de estrategias para evitar los costos de la interferencia reproductiva.

## **1. Introducción**

### **1.1 Selección sexual**

Charles Darwin propuso la teoría de la selección sexual (1859,1871) para explicar cómo es que varias especies de animales presentan características fenotípicas que podrían disminuir su supervivencia pero que les dan ventaja sobre otros individuos del mismo sexo para atraer parejas. Mencionó que existe “una lucha entre los individuos de un sexo por la posesión del otro sexo, siendo el competidor desafortunado el que dejará pocos o ningún descendiente”. Después de su muerte casi no se le prestó atención a su teoría, sin embargo en los últimos años se ha convertido en un tema de enorme interés entre ecólogos del comportamiento y biólogos evolutivos (Carranza 2008).

La selección sexual se puede definir como “variación en el éxito reproductivo debido a la variación en la habilidad de adquirir parejas” (Ryan y Rand 1993). Darwin identificó dos mecanismos de la selección sexual; la selección intrasexual en la que generalmente los machos compiten con otros machos para obtener pareja, y la selección intersexual donde generalmente las hembras eligen con que individuos aparearse. Ambos mecanismos dan como resultado diferencias morfológicas, fisiológicas y conductuales entre los sexos ya que se favorece la evolución de rasgos útiles en la competencia por parejas entre miembros del mismo sexo (por ejemplo los machos desarrollan características que les permiten derrotar a sus oponentes y tener así acceso a las hembras), o de rasgos que incrementan el atractivo de los individuos para los miembros del sexo opuesto (típicamente los machos desarrollan características que les permiten atraer a las hembras, por ejemplo coloraciones conspicuas, sonidos, productos químicos, regalos nupciales, comportamientos de exhibición como el cortejo, etc.).

A pesar de que el patrón más frecuente de comportamiento sexual es que los machos compiten y las hembras eligen, existen muchas especies en las que este patrón se altera conforme aumenta el grado de inversión parental del macho, llegando incluso a la

reversión de los papeles sexuales. Por ejemplo, en especies en las que los machos invierten más recursos que las hembras los papeles (competidor/elector) se invierten, mientras que en especies con cuidado biparental obligado es esperable que la competencia y elección sea similar en machos y en hembras ya que ambos miembros desempeñaran un papel similar en la reproducción.

Los rasgos funcionan en la elección de pareja, pues ellas indican la calidad del individuo, además son honestas en la información que transmiten ya que se trata de señales costosas y solo los individuos de buena calidad pueden exhibirlas a pesar de los costos de portarlas (principio del hándicap de Zahavi). Al aparearse con individuos de buena calidad se pueden obtener beneficios directos e indirectos (ver más abajo).

## **1.2 Modelos de elección de pareja por las hembras**

Aunque la elección de pareja puede realizarse tanto por los machos como por las hembras (Andersson y Simmons 2006), se ha prestado un mayor interés en saber cómo las hembras eligen pareja, puesto que en la mayoría de las especies ellas son las que invierten más que los machos en la reproducción, constituyendo por tanto un recurso limitante para los machos. Por ello es que se han propuesto varios modelos para explicar la evolución de las preferencias de las hembras; a continuación se mencionarán algunos de ellos.

### **a) Modelo de Beneficios Directos**

Este modelo sugiere que al aparearse con machos de buena calidad, las hembras reciben recursos. Es decir, las hembras eligen machos que les proporcionan una ventaja inmediata al escogerlos (Jones y Ratterman 2009), por ejemplo buen territorio, alimento, cuidado parental ó regalos nupciales.

### **b) Modelo de Beneficios Indirectos**

Postula que las hembras escogen machos con ciertas características, que les indican que pueden dar beneficios genéticos para sus crías. Estos beneficios se

consideran indirectos ya que se obtienen en la siguiente generación (Kokko et al, 2003). Existen dos propuestas que tratan de explicar esto:

- ✓ Proceso desbocado: Presentado por Fisher en 1915 y extendido en 1930 en su libro "The genetical theory of natural selection", nos indica que la existencia de una pequeña preferencia por parte de las hembras hacia un carácter en los machos desencadena un proceso en el que ese carácter en los machos evoluciona hacia la exageración y la preferencia en las hembras evoluciona hacia ese carácter cada vez mas exagerado. De acuerdo con este modelo, una vez que la preferencia de las hembras se ha establecido en la población, los machos que poseen el carácter preferido están en ventaja simplemente porque son preferidos, y por tanto atraerán más parejas. La lógica del proceso se basa en que la preferencia de la hembra y el rasgo del macho están correlacionados genéticamente, por lo tanto las hembras que elijan machos con rasgos exagerados tendrán hijos que heredarán el rasgo exagerado que serán preferentemente elegidos por las hembras, e hijas que heredarán la preferencia por caracteres exagerados y elegirán a machos con estas características para aparearse con ellos. En este modelo, los machos favorecidos serían aquellos que tienen el carácter más exagerado, hasta el momento que los costos de supervivencia asociados a la producción de ese carácter superen los beneficios reproductivos que les confiere ese carácter, dándose así un conflicto entre la selección sexual y otras fuerzas de la selección natural.
- ✓ Principio de Handicap o buenos genes: Postulado por Amotz Zahavi (1975), este modelo propone que las hembras eligen machos con características morfológicas o conductuales exageradas, ya que estas reflejan la salud o el vigor del macho que los porta (pues deben ser costosos de desarrollar y mantener). De esta manera, si la expresión del carácter en los machos depende de la calidad que tengan, los individuos de baja calidad no podrían producirlas o mantenerlas. La preferencia de las hembras por estas señales se mantendría por los beneficios asociados a

aparearse con machos de buena calidad, en este caso, los hijos heredarían la calidad de los padres y no solo su atractivo, como propone el modelo de Fisher.

c) Modelo de Sesgos Sensoriales

Postula que las hembras pueden responder a señales particulares de los machos (Dawkins y Guilford 1996) porque esas señales fueron relevantes para las hembras en el pasado evolutivo, pero no necesariamente en el contexto sexual. El modelo del sesgo sensorial se basa en que las capacidades sensoriales de las hembras pueden estar predisuestas para responder a determinados tipos de estímulos y que los caracteres sexuales de los machos evolucionarían explotando las preferencias previas de las hembras por determinados estímulos. Por ejemplo, si las hembras ven ciertos colores (como el de su alimento) mejor que otros, los machos que posean este mismo color serán detectados más fácilmente por las hembras. (Endler y Basolo 1998; Sherman 1999; Ryan 1998; Andersson 2006, Macías García y Ramirez 2005). El principal valor del modelo del sesgo sensorial es que explica el origen de las preferencias femeninas además de su mantenimiento.

d) Reconocimiento de especies

Indica que para evitar el acoplamiento u otras interacciones equivocadas con otras especies debió de ser importante la evolución de los rasgos sexuales secundarios. Estos rasgos inicialmente no necesariamente representaban una mayor supervivencia, sin embargo ayudaban a mejorar el reconocimiento de las especie (Andersson 1994). Wallace (1889) utilizó este argumento para explicar la diversidad de colores y formas principalmente en aves e insectos. Este modelo explica la evolución de los caracteres sexuales secundarios, pero no proporciona una explicación de su exageración, ya que una pequeña diferencia sería suficiente.

e) Modelo del Conflicto Sexual

Si bien las hembras pueden elegir a sus parejas basándose en ciertos atributos de los machos, no siempre pueden acoplarse con quien ellas desean. Los machos

pueden realizar ciertas conductas o tener características físicas que les permitan aumentar su tasa reproductiva, aún cuando éstas no sean necesariamente convenientes para las hembras. Por ello las hembras pueden desarrollar también ciertas características o conductas que le permitan hacer frente a la manipulación del macho (Holland y Rice, 1998). Un ejemplo de esto lo tenemos en los patos, los cuales obligan a las hembras a copular aún cuando éstas ya se hayan apareado con otros machos.

Muchos autores ponen al modelo de sesgos sensoriales como parte de este modelo.

La evolución de las preferencias de las hembras puede ser un problema de causalidad múltiple (Andersson y Simmons 2006), ya que puede explicarse recurriendo a los postulados de más de uno de estos modelos que no son excluyentes entre sí.

### **1.3 Interferencia reproductiva**

La elección de pareja y el reconocimiento de individuos de la misma especie están basados en características morfológicas, fisiológicas y conductuales (Ratcliffe y Grant 1983; Balakrishnan y Pollack 1996) que previenen el acoplamiento entre individuos de especies diferentes. Sin embargo existen especies que poseen características similares (como es el caso de las especies miméticas), las cuales al entrar en contacto podrían intentar acoplarse, produciendo así interferencia reproductiva. Un ejemplo de esto lo tenemos en un estudio realizado con las mariposas de la especie *Heliconius erato* y *H. melpomene*, en el que se encontró que los machos de ambas especies atraen tanto a las hembras de *H. erato* como a las de *H. melpomene* debido a que el patrón de coloración de sus alas es similar entre ellas (Estrada y Jiggins 2008).

La interferencia reproductiva se ha definido como cualquier clase de interacción sexual interespecífica que reduce la aptitud de los individuos, debido al reconocimiento incompleto de la especie (Kuno 1992, Gröning y Hochkirch 2008). La interferencia puede darse antes, durante o después del apareamiento (Valero 2010). Se ha encontrado que el

acoplamiento entre especies cercanamente emparentadas puede dar lugar a híbridos (Carson et al, 1989), sin embargo no siempre es así, tanto los machos como las hembras pueden perder tiempo y energía en intentos de acoplamiento que no dan lugar a la reproducción.

En los últimos años diversos estudios han investigado la interferencia reproductiva tanto en animales como en plantas, y aunque este fenómeno parece darse mayoritariamente entre especies hermanas (ver Tabla 1), existe evidencia de que la interferencia también puede darse entre especies lejanamente relacionadas (Schultz y Switzer 2001) e incluso entre especies invasoras y nativas.

Se consideran especies exóticas o invasoras aquellos organismos transportados e introducidos por el ser humano a lugares fuera de su área de distribución natural y que una vez establecidos en la nueva región producen efectos negativos en la biota nativa. Las especies exóticas pueden modificar la distribución geográfica de especies nativas y contribuir a su extinción, ya que pueden alterar el hábitat, introducir nuevos patógenos, competir por los mismos recursos, convertirse en sus depredadores, y actualmente se está comprobando que también pueden causar interferencia reproductiva (Söderbäck 1994, Flanagan et al 2010). Un ejemplo de esto lo podemos ver en Japón: desde hace más de 100 años se introdujo el diente de león *Taraxacum officinale* el cual se encuentra ampliamente distribuido en las zonas urbanas y suburbanas mientras que la especie nativa *Taraxacum japonicum* se encuentra en las zonas rurales, esta distribución puede deberse en parte a que *T. officinale* reduce la reproducción de la especie nativa porque atrae a más polinizadores (Kandori et. al 2009).

Las comunidades que habitan en cuerpos de agua dulce son frecuentemente expuestas a invasiones biológicas ya sea de manera deliberada (p. e. control de malaria) o de manera accidental (p.e. liberación de mascotas) provocando efectos negativos en la fauna nativa. Por ejemplo, diferentes especies de poecílicos como *Poecilia reticulata*, *Gambusia holbrooki*, *G. affinis*, *Heterandria bimaculata* y *Xiphophorus* spp han sido

introducidas en todos los continentes con excepción de la Antártida, y han mostrado tener un efecto negativo en las comunidades nativas de diversas especies de peces lo que se ha atribuido a la competencia por recursos (Man y Hodgkiss 1981) y a comportamientos de acoso sexual a las especies nativas (Valero et al.2008).

En México *Poecilia reticulata* se introdujo hace 50 años y actualmente comparte el hábitat con varios peces de la familia Goodeidae, los cuales en su mayoría son endémicos. En la familia Goodeidae hay varias especies en peligro de extinción, como es el caso de *Zoogoneticus tequila* el cual convive con *P. reticulata* en el estado de Jalisco. La coloración de los machos en ambas especies incluye manchas rojo- anaranjadas. En *P. reticulata* (y suponemos que en *Z. tequila*) esas manchas son sexualmente seleccionadas por las hembras, por lo que suponemos que esta característica podría causar interferencia reproductiva entre estas especies. En esta tesis se estudió si existía interferencia reproductiva entre estas especies, y si el régimen selectivo y la experiencia sexual que obtienen cuando conviven ambas especies afectan la preferencia de las hembras, mitigando así la posible interferencia.

Tabla 1.- Ejemplos de estudios de interferencia reproductiva en varias especies

Especies	Descubrimiento	Referencia
Saltamontes ( <i>Tetrix ceperoi</i> , <i>T. subulata</i> y <i>T. undulata</i> )	Hay apareamientos heteroespecíficos entre <i>T. undulata</i> y <i>T. subulata</i> debido a que el cortejo entre estas especies es muy similar, mientras que <i>T. ceperoi</i> prefiere a las hembras de <i>T. subulata</i> , aunque ellas los rechazan.	Hochkirch et al. (2006)
Copépodos ( <i>Skistodiptomus oregonensis</i> y <i>S. pygmaeus</i> )	Los machos de <i>S. oregonensis</i> y <i>S. pygmaeus</i> se acoplan indistintamente e interfieren con la capacidad de las hembras heteroespecíficas de reproducirse con éxito. Ambas especies no pueden formar híbridos viables.	Thum (2007)
Gorgojos ( <i>Callosobruchus chinensis</i> y <i>C. maculatus</i> )	La fecundidad de las hembras <i>C. chinensis</i> y de <i>C. maculatus</i> disminuye conforme el número de machos heteroespecíficos aumenta. También disminuye la supervivencia de las hembras <i>C. maculatus</i> cuando están con los machos de la otra especie.	Kishi et al. (2009)
Mariposas ( <i>Leptidea sinapsis</i> y <i>L. reali</i> )	Los machos de <i>L. sinapsis</i> y <i>L. reali</i> frecuentemente cortejan a hembras heteroespecíficas bajo condiciones de laboratorio y campo. Sin embargo las hembras de ambas especies prefieren acoplarse con machos coespecíficos.	Friberg et al. (2008)
Plantas ( <i>Xanthium occidentale</i> y <i>X. italicum</i> )	<i>X. italicum</i> produce semillas híbridas no viables en presencia de <i>X. occidentale</i> .	Takakura & Fujii (2010)
Ranas ( <i>Rana latastei</i> y <i>Rana dalmatina</i> )	En las hembras de <i>R. latastei</i> , la oviposición es menos frecuente y el porcentaje de embriones viables disminuye, cuando se encuentran con un mayor número de machos de la especie <i>R. dalmatina</i> .	Hettyey & Pearman (2003)

## 2. Especies de estudio

### 2.1 *Zoogoneticus tequila*

*Zoogoneticus tequila* es un pez de agua dulce que pertenece al orden Cyprinodonte y a la familia Goodeidae, la cual está conformada por 40 especies vivíparas que se distribuyen principalmente en la Meseta central de México (Miller 2005). Los machos presentan una modificación en la aleta anal en forma de lóbulo copulatorio, llamado espermatopodio, que juega un papel en la transferencia de esperma; éste se transfiere al unirse los orificios genitales del macho y de la hembra durante el abrazo copulatorio, que ocurre normalmente después del cortejo. Los embriones tienen una estructura especializada, llamada trofotenia, que usan para obtener nutrientes, macromoléculas y para el intercambio gaseoso con la hembra; dicha estructura es derivada del aparato digestivo de estos peces y está altamente vascularizada (Lombardi y Wourms 1985).

Los Goodeidos son un grupo de peces en riesgo de extinción. Algunos de los factores asociados a la pérdida de estas especies son la desecación, la contaminación, la destrucción del hábitat, el rango geográfico limitado y la introducción de especies exóticas (De la Vega- Salazar et al 2003a, De la Vega- Salazar et al 2005).

La especie *Zoogoneticus tequila* es una especie endémica que sólo se encuentra en un pequeño cuerpo de agua aislado en Teuchitlán, Jalisco donde alguna vez compartió hábitat con otras especies de goodeidos (*Ameca splendens*, *Zoogoneticus quitzeoensis* y *Goodea atripinnis*), pero en la actualidad está confinada a una poza donde convive con una población de *Poecilia reticulata*, comúnmente llamado guppy (De la Vega – Salazar et al. 2003b, Webb y Miller 1998).

Las hembras de *Z. tequila* son receptivas cada dos meses (Macías Garcia y González Zuarth 2005). El período de tiempo en el que las hembras pueden volver a aparearse es muy reducido en ambas especies y se sabe que en goodeidos, las hembras pueden abandonar el esfuerzo de apareamiento si no encuentran machos atractivos (Macías

Garcia et al 1998); como además las hembras goodeidas no almacenan esperma tal abandono puede tener serias consecuencias en su adecuación.

El macho de *Z. tequila* presenta una banda roja-anaranjada en forma de media luna en la aleta caudal, se cree que las hembras eligen machos en base a esta coloración, o que podría ser una señal que explota el sesgo sensorial de las hembras y por lo tanto ayudaría a atraer a las hembras (Macías García y Ramirez 2005). Durante el cortejo, los machos despliegan las aletas dorsal, anal y caudal sin realizar algún movimiento (Charreire 2006) o pueden doblar las aletas hacia las hembras lo cual les permite mostrar la banda roja-anaranjada de la aleta caudal y los bordes blancos de la aleta anal y dorsal; esto lo hacen frente a la hembra en diferentes posiciones y distancias (Méndez Janovitz 2011).



Figura 1.- Individuos de la especie *Zoogoneticus tequila*, en la parte superior se encuentra el macho y en la inferior la hembra.

## **2.2 *Poecilia reticulata***

El guppy (*Poecilia reticulata*) es un pequeño pez vivíparo que también pertenece al orden Cyprinodontes, pero proviene de la familia Poeciliidae. Esta especie es originaria de los bosques montañosos del noroeste de Venezuela, de Trinidad y Tobago y Guyana, y fue introducida en México desde hace 50 años. Actualmente ocupa algunos cuerpos de agua

en México, incluyendo lugares donde persisten goodeidos amenazados ó en peligro de extinción (Valero et al 2008, Gesundheit y Macías Garcia 2006).

Las hembras de *P. reticulata* son receptivas cada mes (Macías Garcia y González Zuarth 2005) y además pueden almacenar el espermatozoos de los machos. Los machos de *Poecilia reticulata*, a diferencia de los goodeidos, tienen una aleta anal modificada llamada gonopodio, el cual sirve para copular incluso sin el consentimiento de la hembra, ya que el macho puede acercarse por detrás de la hembra y empujar el gonopodio al poro genital de ella para forzar la cópula (Liley 1966). Los machos guppies presentan diferentes patrones de coloración que consisten en manchas de color negro, rojo, amarillo, anaranjado y blanco. Varios estudios han demostrado que las hembras prefieren a los machos que presentan una mayor área cubierta con el color anaranjado (Endler 1980, Houde 1987, Grether 2000, Kodric-Brown y Nicoletto 2001a). Los pigmentos responsables del color anaranjado de las manchas son los carotenoides, sustancias que los animales no pueden sintetizar y que deben obtenerlos directamente de su alimento (Olson y Owens 1998, Price et al 2008). Por lo tanto, se ha propuesto que la presencia y la intensidad de las manchas indica la habilidad de forrajeo y la capacidad de los machos de evitar depredadores, ya que machos con colores brillantes son frecuentemente detectados por depredadores (Pocklington y Dill 1995). Los carotenoides también pueden indicar el estado de salud de los machos ya que se ha visto que los individuos con alto parasitismo tienden a reducir la expresión de carotenoides (Thompson 1997).

Durante el cortejo los machos mueven su cuerpo en forma sigmoide con las aletas caudal y dorsal cerradas o extendidas completamente (Liley 1966). Este movimiento lo hacen frente a la hembra, y de esta manera le muestran sus flancos, en donde se encuentran las manchas de colores (Figura 2).

Se ha mostrado que los machos de *Poecilia reticulata*, cortejan e intentan copular con las hembras que no son de su misma especie, incluso cuando la abundancia relativa de hembras de su misma especie es superior. Además la tasa de cortejo que reciben las

hembras de goodeidos de los macho guppies es mayor que las de sus coespecíficos, lo que posiblemente trae consigo costos para la hembra en términos de consumo de oxígeno, vulnerabilidad ante depredadores y disminución de tiempo de alimentación (Valero et al. 2008).

Los guppies tienen un gonopodio con ganchos por lo que al intentar copular a las hembras goodeidas, podrían dañarlas. Por otra parte, los intentos de cópula podrían interferir con otras actividades de las hembras (Magurran y Seghers 1994) y probablemente con actividades de las hembras goodeidas. Además los guppies y *Z. tequila* comparten un tipo de señal en el cortejo, lo cual podría dar lugar a interferencia reproductiva entre estos peces, por lo que se reduciría la adecuación de las hembras goodeidas. Todo esto constituye las motivaciones detrás de este estudio.



Figura 2.- Individuos de la especie *Poecilia reticulata*; en la parte superior se encuentra el macho y en la parte inferior la hembra.

### 3. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es determinar si la presencia de *Poecilia reticulata* interfiere en la elección de pareja de *Zoogoneticus tequila* y viceversa.

Dado que los guppies son peces altamente sociables y que aprenden de su entorno social por la observación tanto de sus coespecíficos (Kelley et al. 1999) como de otras especies (Valero et al. 2009), un objetivo particular es:

- Evaluar el efecto del régimen selectivo, en la elección de pareja que realice la hembra. Para ello se estableció utilizar hembras de 2 tipos de régimen selectivo: el primer régimen incluiría hembras de un encierro alopátrico (aquel en que cada especie está aislada de la otra especie) y el segundo hembras de un encierro simpátrico (aquel en que ambas especies han convivido por un tiempo determinado).

Por otra parte, las hembras con experiencia reproductiva pueden llegar a ser más selectivas que las hembras vírgenes al momento de elegir pareja (Kodric-Brown y Nicoletto 2001b) por lo que otro objetivo particular es:

- Evaluar el efecto de la experiencia reproductiva de la hembra en su elección de pareja.

#### 4. Hipótesis

Hipótesis 1: Dado el uso compartido de señales visuales, la elección de pareja por las hembras de *Zoogoneticus tequila* será afectada por la presencia de machos de *Poecilia reticulata*. También la elección de pareja de las hembras de *Poecilia reticulata* será afectada por la presencia de los machos *Zoogoneticus tequila*.

Predicción: En presencia de machos de ambas especies, las hembras de *Z. tequila* y *P. reticulata* mostrarán preferencias tanto para machos coespecíficos como para heteroespecíficos.

Hipótesis 2: El régimen selectivo en el que se desarrollan las hembras influye en la elección de pareja que éstas realizan.

Predicción: Las hembras de encierros simpátricos (en que han convivido *P. reticulata* y *Z. tequila* por 5 años) mostrarán una mayor preferencia por machos de su misma especie que las hembras de encierros alopátricos (especie vive en aislamiento).

Hipótesis 3: La experiencia reproductiva de una hembra influye en su elección de pareja durante su vida adulta.

Predicción: Las hembras con experiencia reproductiva mostrarán una mayor preferencia por machos de su misma especie, que las hembras que han estado privadas de dicha experiencia.

## 5. Método

### 5.1 Elección de sujetos

Los individuos utilizados provenían inicialmente de Teuchitlán, Jalisco; los cuales han sido criados durante generaciones en el Instituto de Ecología de la UNAM desde 2005.

Se utilizaron 40 hembras de *Z. tequila* y 40 de *P. reticulata*, las cuales en ambos casos fueron tomadas de dos encierros, de un alopátrico, en donde sólo han convivido con individuos de su misma especie por varias generaciones y de un encierro simpátrico en el que ambas especies han estado conviviendo por alrededor de 5 años.

Las hembras alopátricas fueron obtenidas del laboratorio y de encierros al aire libre. Las que fueron tomadas del laboratorio se mantuvieron en peceras de 40 litros (50 cm. de largo x 25 cm. de ancho), con un filtro de esponja conectado a una manguera de aireación, y musgo de la especie *Vesicularia dubyana*, fueron alimentados con hojuelas comerciales (Alimentote), y sometidos a un fotoperiodo de 12/12 horas. Mientras que las mantenidas al aire libre estaban en encierros de 160 cm. de largo x 147 cm de ancho, donde tenían musgo y se alimentaban con microalgas y pulga de agua. Las hembras simpátricas sólo fueron tomadas de encierros al aire libre.

El ambiente en el que crecieron las hembras podría influir en su conducta, por lo que para reducir el efecto del ambiente, las provenientes de encierros mantenidos al aire libre antes de ser utilizadas, se colocaron en el laboratorio y fueron mantenidos bajo las condiciones ya mencionadas.

Del encierro alopátrico y del simpátrico, se tomaron hembras con experiencia reproductiva y hembras vírgenes de ambas especies. Así, quedaron formados un total de 8 grupos, cada uno integrado por 10 hembras (Figura 3).

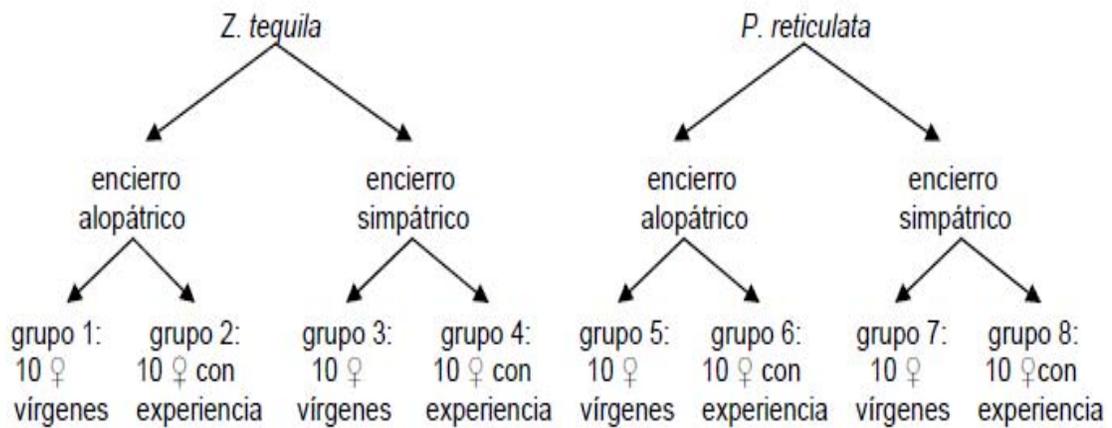


Figura 3.- Distribución de las hembras de *Z. tequila* y *P. reticulata* en los tratamientos establecidos.

Para obtener a las hembras vírgenes se colectaron hembras adultas alopátricas y simpátricas, las cuales eran monitoreadas visualmente para determinar cuáles de ellas estaban próximas a dar a luz. Una vez que se detectaba la cercanía al parto, se colocaba la hembra en una maternidad aislada de otros peces. Dos semanas después de nacidos los críos, fueron introducidos en una pecera destina para críos alopátricos ó en la destinada a los críos simpátricos, lo cual se hizo considerando el origen de la progenitora; con esto se mantuvieron aislados de los adultos, y por lo tanto, se aseguró que no tuvieran la posibilidad de aprender conductas y que tampoco tuvieran interacciones sexuales con ellos. Las peceras se observaban constantemente para monitorear el crecimiento de los críos. Los guppies desarrollan caracteres sexuales alrededor de la cuarta semana de nacidos completándose en la quinta semana (Houde 1997), mientras que los *Z. tequila* lo hacen a las pocas semanas de nacidos (Miller 2005). Al detectarse a un macho en cualquiera de estas peceras, este se retiraba inmediatamente. Las hembras aisladas se mantuvieron así durante aproximadamente 6 semanas, ya que antes de este tiempo, las hembras visualmente eran demasiado pequeñas, por lo que tal vez los machos no les prestarían atención.

En el caso de las hembras con experiencia reproductiva, éstas fueron aisladas de otros individuos una semana antes de usarlas en las observaciones.

Usamos 80 machos de *Z. tequila* y 80 de *P. reticulata* mantenidos en alopatría provenientes del laboratorio y de encierros mantenidos al aire libre (ya que no sabíamos, si el hecho de provenir de un encierro simpátrico influiría en la conducta que realizarían los machos hacia las hembras), con tamaño similar visible (para que éste factor no influyera en la elección de pareja de las hembras), y con áreas de color anaranjado brillante (ver más adelante). Los machos que se colocaron en una pecera aislados de otras hembras una semana antes de emplearlos en las observaciones a fin de que los provenientes del encierro al aire libre se aclimataran a las condiciones del laboratorio, y para elevar y homogeneizar su motivación durante las observaciones.

## **5.2 Diseño experimental**

El orden en que se utilizaron a las hembras y machos de cada especie se decidió de manera aleatoria antes de iniciar el experimento. Se asignó un número a cada pez de acuerdo a la cantidad de individuos que tenía cada grupo, y luego se generó una lista de números aleatorios del 1 al 10 con ayuda del programa Excel, con base en esta lista se seleccionó al individuo que sería usado en cada sesión.

El experimento se realizó en una pecera dividida en tres compartimentos que se denominaron A (donde se colocó a la hembra) B y C (en éstos se colocaron a los machos); en cada uno de ellos se introdujo un aspersor conectado con una manguera proveniente de una compresora, para mantener el compartimiento aireado. Entre los compartimentos de los machos se colocó acrílico opaco para impedir que se vieran e interactuaran entre ellos (Figura 4).

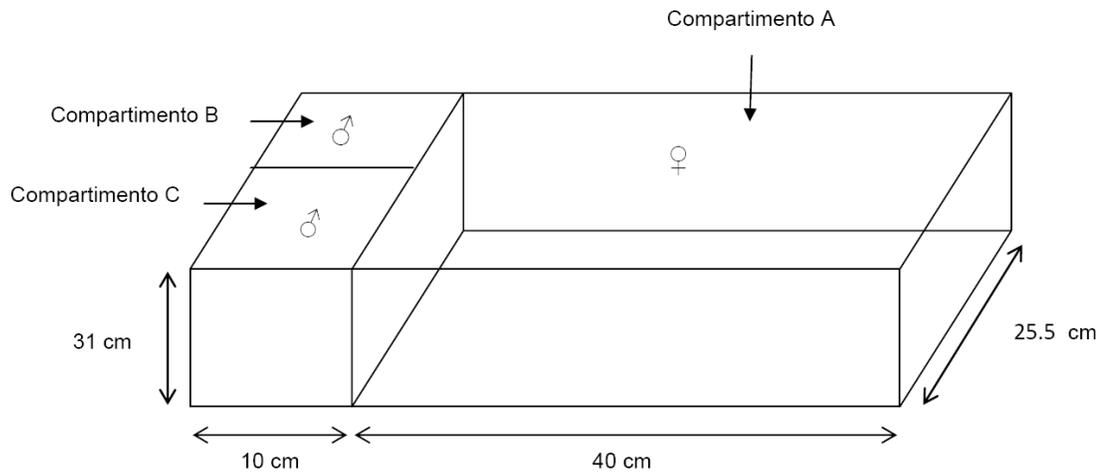


Figura 4.- Diseño de la pecera utilizada en el experimento

Las conductas de los peces fueron grabadas con una cámara de video Sony DCR-SR220, siguiendo el procedimiento que se explicará a continuación. Primero se colocó un pequeño papel blanco enfrente de la pecera con la identidad de los peces, hora y fecha, y se grabó por unos segundos. Luego se colocó una barrera verde a la mitad del compartimento A, la cual le impidió a la hembra ver a los machos mientras se aclimatava. Enseguida se introdujeron los machos de cada especie en uno de los compartimentos y al final se colocó a la hembra. Después de 20 minutos de aclimatación, la barrera verde se retiró cuidadosamente. Al momento de que la hembra efectuó una visita (acercarse a un cuerpo o menos de distancia) a cualquiera de los machos, la sesión se empezó a grabar durante 30 minutos. A partir de las grabaciones se cuantificaron las visitas efectuadas a cada uno de los machos y el tiempo que pasaron observándolos, así como la conducta de los machos.

Este procedimiento se repitió alternando la posición de los machos en los compartimentos de acuerdo a su especie. Por ejemplo en el compartimento B se colocó un macho de *Z. tequila* y en el C uno de *P. reticulata*, y en la siguiente observación se invirtieron las posiciones de cada especie, y así sucesivamente hasta acabar con el grupo de hembras que se utilizaba. Debido a que fue necesario esperar a que las hembras

vírgenes crecieran para que fueran observadas, primero se realizó el experimento con todos los grupos de hembras que tenían experiencia reproductiva.

### 5.3 Cuantificación del color

Un día después de haber sido utilizados, los machos fueron anestesiados agregando al agua de un contenedor de 200 ml unas gotas de una solución que contenía 1 gr de acetona por 100 ml de benzocaína. Posteriormente se les midió el color usando el espectrofotómetro Ocean Optics USB4000, el cual fue calibrado usando una placa blanca proporcionada por el fabricante. Se obtuvo la reflectancia de 3 regiones corporales tanto de los machos de *Z. tequila* como de *P. reticulata* (Figura 5).



Figura 5.- Regiones corporales a las cuales se les midió el color.

Con los datos generados por el espectrofotómetro se calcularon dos valores: 1) la reflectancia total, la cual fue obtenida sumando la reflectancia en cada intervalo de 10 nanómetros a partir de 360 hasta 740 nanómetros. 2) La intensidad del color anaranjado, la cual se obtuvo dividiendo la sumatoria de la reflectancia de 590 hasta 620 nanómetros, entre la reflectancia total ( $R_{590-620} / R_{360-740}$ ). Con estos resultados, se obtuvo el promedio de las tres regiones corporales en cada macho, mismo que se utilizó para los análisis estadísticos.

## 5.4 Análisis de filmaciones

A partir de cada video se cuantificaron las visitas de la hembra a cada macho, y el cortejo de los machos (si éste se presentaba); con estos datos se calcularon las siguientes variables:

- ✓ Frecuencia de visitas hechas por las hembras a los machos coespecíficos y heteroespecíficos
- ✓ Duración promedio de las visitas realizadas por las hembras a los machos coespecíficos y heteroespecíficos
- ✓ Duración promedio del cortejo de los machos a las hembras coespecíficas y heteroespecíficas.

Se considero que los machos cortejaban a las hembras cuando se encontraban a cuerpo de distancia de ellas, realizando los siguientes movimientos: en el caso de *Z. tequila* se consideró que los machos desplegaran las aletas dorsal, anal y caudal sin realizar ningún movimiento ó doblaran las aletas y en el caso de *P. reticulata* cuando los machos movían su cuerpo en forma sigmoidal con las aletas caudal y dorsal cerradas o extendidas completamente. Se dejaba de registrar esta conducta hasta que los machos dejaban de realizar dichos movimientos, aunque la hembra ya no estuviera cerca de ellos.

## 5.5 Análisis estadísticos

La distribución de los datos de la intensidad del color anaranjado obtenidos de los machos no fue normal, por lo que se realizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para saber si había diferencias entre el color anaranjado de los machos coespecíficos y heteroespecíficos presentados a las hembras de *Z. tequila* y *P. reticulata*.

Por otra parte, para conocer si había interferencia reproductiva, se realizaron en cada grupo de hembras correlaciones (de Pearson) entre la frecuencia de visitas realizadas

a los machos coespecíficos y la frecuencia de visitas hechas a los machos heteroespecíficos, así como correlaciones entre el promedio de la duración de las visitas realizadas a los machos coespecíficos y a los machos heteroespecíficos. Si hubiera interferencia, esperaríamos tener correlaciones positivas y significativas.

Adicionalmente, para determinar si las hembras podrían escapar de la interferencia reproductiva debido al régimen selectivo y la experiencia reproductiva, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Se analizó por separado la frecuencia y la duración de las visitas hechas a los machos, debido a que la frecuencia describe el inicio de la conducta mientras que la duración describe la continuación de la conducta, y ambas medidas frecuentemente se correlacionan negativamente. Se consideró la frecuencia y la duración de las visitas a los machos como variables de respuesta, a la población de origen (alopátrica o simpátrica) y a la experiencia reproductiva (hembras vírgenes o con experiencia) como factores, y al cortejo de los machos como covariable.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete SPSS versión 15.

## 6.-Resultados

### 6.1 Color

La prueba U de Mann-Whitney indicó que no hubo diferencias significativas en la intensidad del color entre machos coespecíficos y heteroespecíficos presentados a las hembras de *Z. tequila* y *P. reticulata* (Figura 6).

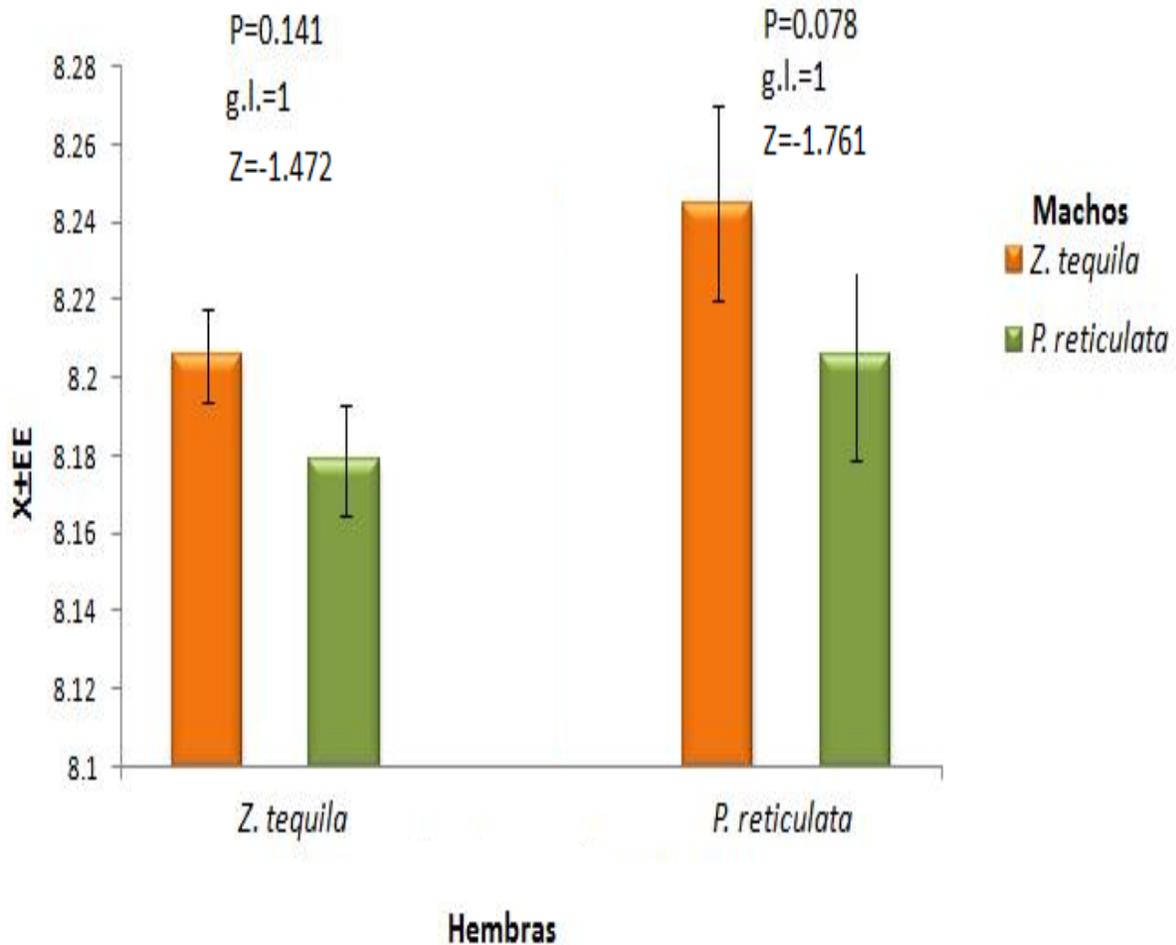


Figura 6. Intensidad del color anaranjado de los machos coespecíficos (N=40) y heteroespecíficos (N=40) presentados a las hembras de ambas especies. Se muestra la  $X \pm EE$  y el resultado de la U de Mann-Whitney.

## 6.2 Elección de pareja por parte de las hembras

### a) *Z. tequila*

Al analizar la frecuencia de visitas en las hembras de *Z. tequila*, se encontró que las alopátricas vírgenes tendieron a visitar un número similar de veces a los machos de ambas especies, mientras que las demás hembras tendieron a visitar con más frecuencia a los machos coespecíficos, no se encontró ninguna correlación significativa (ver apéndice).

Al analizar la duración de las visitas, se encontró que las hembras *Z. tequila* alopátricas tendieron a pasar el mismo tiempo con ambos machos independientemente de la experiencia reproductiva que tuvieron, en cambio las hembras simpátricas pasaron más tiempo con el macho coespecífico, solo se encontró una correlación significativa para el caso de las hembras vírgenes ( $r=0.889$ , g.l.=9,  $P=0.001$ , Fig.7).

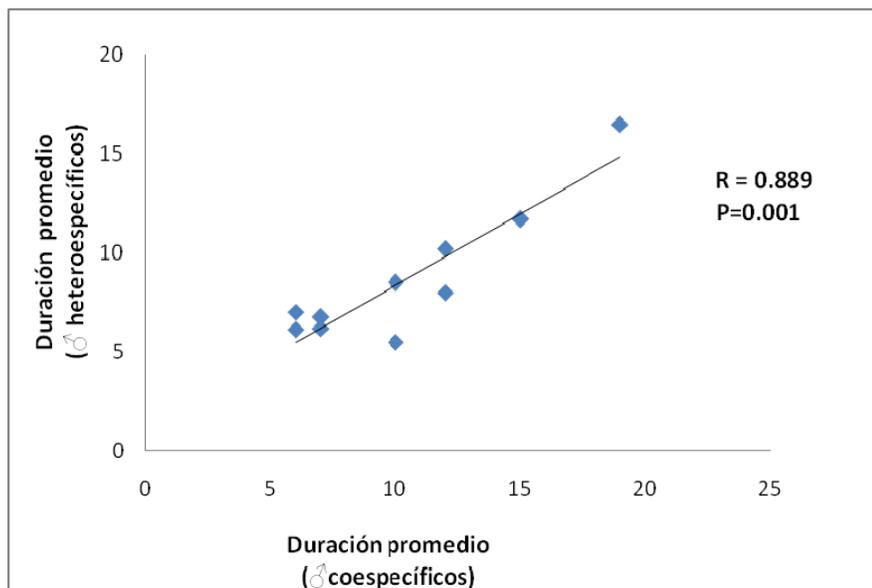


Figura 7. Correlación entre la duración promedio (en segundos) de las visitas realizadas a los machos coespecíficos y heteroespecíficos por las hembras *Z. tequila* simpátricas vírgenes (N=10).

**b) *P. reticulata***

Al analizar la frecuencia de las visitas de las hembras *P. reticulata*, se encontró que las alopátricas vírgenes tendieron a visitar un número similar de veces a los machos de ambas especies, mientras que las hembras de los grupos restantes tendieron a visitar más a los machos coespecíficos, en ninguno de estos casos se encontró una correlación significativa (ver apéndice).

En cuanto a la duración de las visitas, las hembras alopátricas vírgenes tendieron a pasar más tiempo con los machos heteroespecíficos, mientras que las simpátricas vírgenes con los machos coespecíficos. En las hembras con experiencia reproductiva mantenidas en alopatria ( $r=0.889$ , g.l.= 9,  $P=0.000$ , Fig. 8) y en simpatria ( $r=0.883$ , g.l.=9,  $P=0.003$ , Fig. 9), se encontraron correlaciones significativas entre la duración de las visitas realizadas a machos coespecíficos y heteroespecíficos.

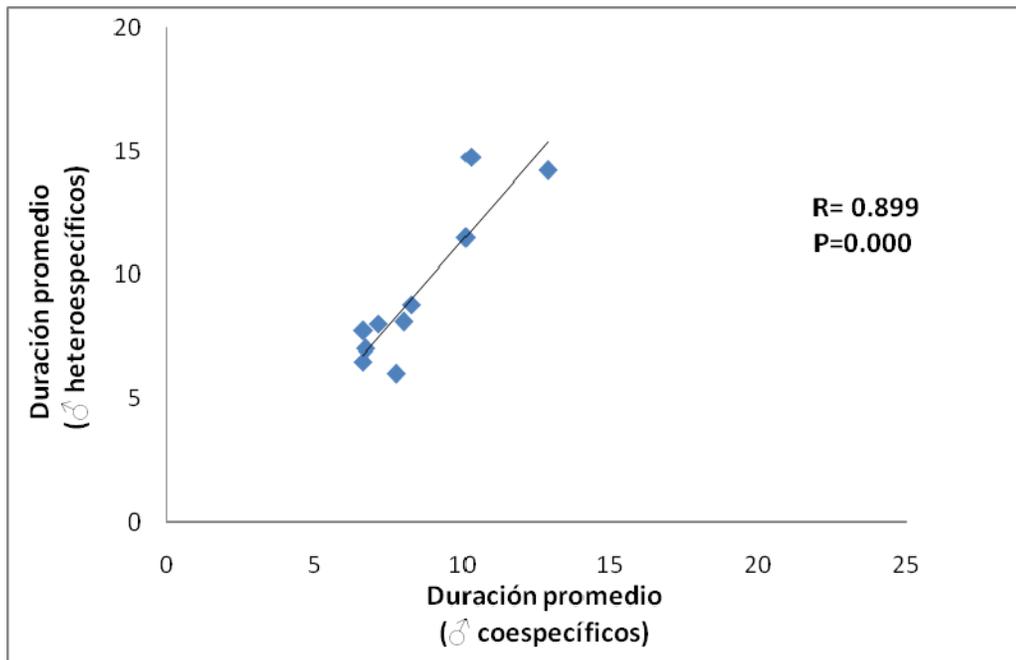


Figura 8. Correlación entre la duración promedio (en segundos) de las visitas realizadas a los machos coespecíficos y heteroespecíficos por las hembras *P. reticulata* alopátricas vírgenes (N=10).

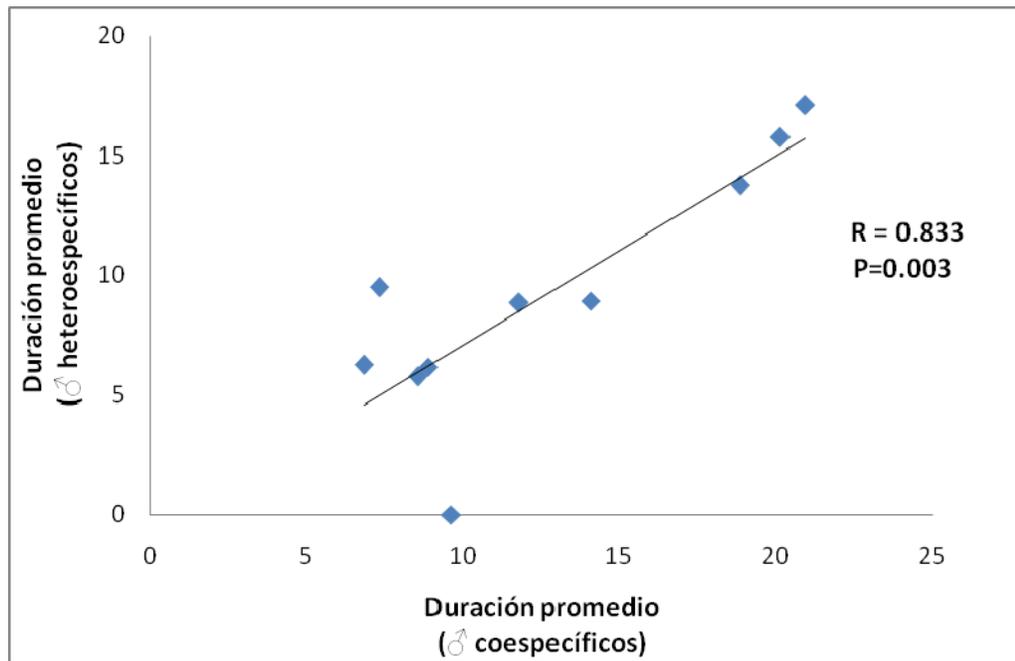


Figura 9. Correlación entre la duración promedio (en segundos) de las visitas realizadas a los machos coespecíficos y heteroespecíficos por las hembras *P. reticulata* simpátricas y con experiencia reproductiva (N=10).

#### 6.4 Efecto del régimen selectivo y la experiencia reproductiva en la elección de pareja

##### a) *Zoogoneticus tequila*

En la frecuencia de visitas a los coespecíficos se encontró que, ni el régimen selectivo ni la experiencia reproductiva tuvieron un efecto significativo, sin embargo la interacción de ambos factores al parecer sí influía en esta conducta ( $F_{(1,34)}=10.016$ ,  $P=.003$ ). Por ello se realizó la prueba post hoc, la cual nos indicó que la interacción de ambos factores no influía en las visitas hechas por las hembras.

En cuanto a la frecuencia de visitas a machos heteroespecíficos, se encontró que el régimen selectivo del que provienen las hembras influyó significativamente en esta conducta ( $F_{(1,34)}=4.636$ ,  $P=.038$ ): las hembras alopátricas visitaron más a machos heteroespecíficos que las simpátricas. La interacción entre el régimen selectivo y la

experiencia reproductiva al parecer influía en las visitas de las hembras ( $F_{(1,34)}=7.832$ ,  $P=.008$ ). Al realizar la prueba post hoc se encontró que las hembras simpátricas con experiencia visitaron menos veces a los machos heteroespecíficos que las hembras alopátricas con experiencia ( $P=0.032$ ) (tabla 2, Figura 10a y 10c).

Al analizar la duración de las visitas a machos coespecíficos, se observó que no hay un efecto significativo del régimen selectivo ni la experiencia reproductiva, pero las hembras simpátricas tendieron a pasar más tiempo con los machos coespecíficos que aquellas alopátricas. En cuanto a las visitas a machos heteroespecíficos, se encontró que el régimen selectivo del que provienen las hembras influyó significativamente en el tiempo que pasaron con el macho: la duración de las visitas fue mayor cuando las hembras eran alopátricas que cuando eran simpátricas ( $F_{(1,34)}=5.812$ ,  $P=.021$ ; Tabla 2) (Figura 10b y 10d).

Tabla 2.- Resultados del análisis de varianza (ANOVA), para la variable Frecuencia (número) y Duración (en segundos) de visitas realizadas a los machos por las hembras de *Z. tequila*. N=40 hembras.

Variable de respuesta	Macho	Factor	Niveles	X±E.E.	F <sub>(1,34)</sub>	P	
<b>Frecuencia</b>	Coespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	8.6±1.43	0.804	0.376	
			Simpátrico	8.9±1.47			
		Experiencia	Vírgen	7.7±1.31	2.614		0.115
			Con experiencia	9.8±1.54			
			Régimen* Experiencia			<b>10.016</b>	<b>0.003</b>
	Heteroespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	5.45±0.58	<b>4.636</b>	<b>0.038</b>	
			Simpátrico	4.1±0.56			
		Experiencia	Vírgen	4.7±0.53	0.016		0.900
Con experiencia			4.85±0.64				
		Régimen* experiencia			<b>7.832</b>	<b>0.008</b>	
<b>Duración promedio</b>	Coespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	8.75±0.96	0.482	0.492	
			Simpátrico	10.22±0.81			
		Experiencia	Vírgen	9.40±1.08	2.601		0.116
			Con experiencia	9.55±0.70			
			Régimen* Experiencia			2.130	0.154
	Heteroespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	8.99±0.64	<b>5.812</b>	<b>0.021</b>	
			Simpátrico	8.19±0.61			
		Experiencia	Vírgen	8.84±0.79	2.060		0.160
Con experiencia			8.34±0.42				
		Régimen* experiencia			0.074	0.787	

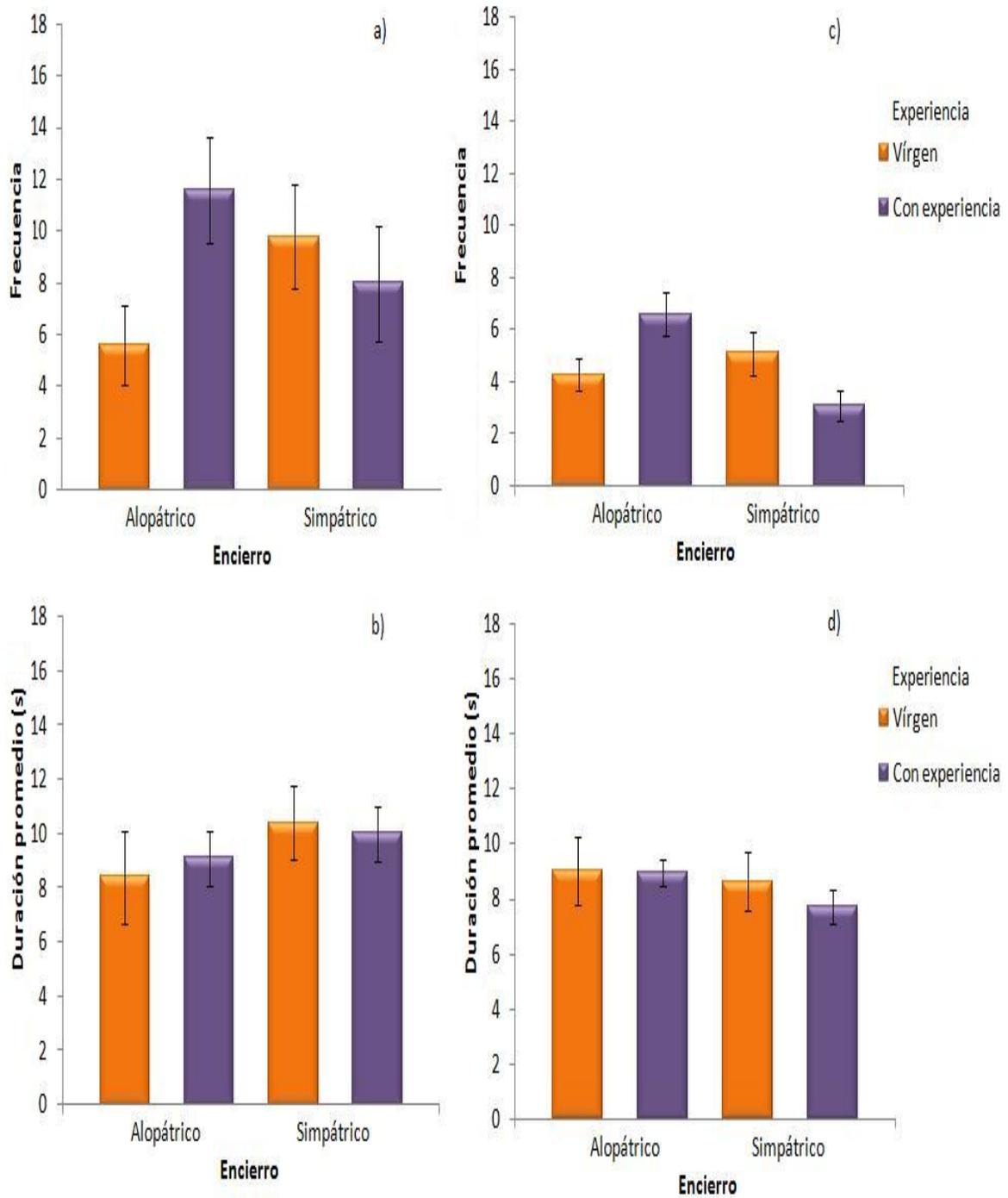


Figura 10.- Conducta de las hembras de *Z. tequila* frente a machos coespecíficos (a y b), y frente a machos heteroespecíficos (c y d). Se reporta  $X \pm E.E.$  (ver estadística en tabla 5).

## **b) *P. reticulata***

En la frecuencia de visitas a machos coespecíficos se encontró que la experiencia reproductiva es el factor que influyó significativamente en dicha conducta ( $F_{(1,34)}=6.790$ ,  $P=.014$ ): las hembras con experiencia visitaron más veces a los machos coespecíficos que las hembras vírgenes. En cuanto a las visitas a machos heteroespecíficos no se encontró un efecto significativo ni del régimen selectivo ni la experiencia reproductiva (Tabla 6, Figura 11a y 11c).

Al analizar la duración de las visitas a machos coespecíficos, se encontró que la experiencia tuvo un efecto significativo en esta conducta ( $F_{(1,34)}=13.729$ ,  $P=.001$ ): las hembras con experiencia pasaron más tiempo con machos coespecíficos que las hembras vírgenes. La interacción entre el régimen selectivo y la experiencia reproductiva al parecer influía en el tiempo de visita de las hembras ( $F_{(1,34)}=4.472$ ,  $P=0.042$ ): la prueba post hoc nos indicó que las hembras alopátricas con experiencia pasaron más tiempo con los machos coespecíficos que las hembras alopátricas vírgenes ( $P=0.003$ ). En cuanto a las visitas a machos heteroespecíficos, no se encontró un efecto significativo ni del régimen selectivo ni de la experiencia y tampoco de la combinación de ambos factores (Figura 11b y 11d).

Tabla 3.- Resultados del análisis de varianza (ANOVA), para la variable Frecuencia (número) y Duración (en segundos) de visitas realizadas a los machos por las hembras de *P. reticulata*. N=40 hembras.

Variable de respuesta	Macho	Factor	Niveles	X±E.E.	F <sub>(1,34)</sub>	P
<b>Frecuencia</b>	Coespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	9.9±1.48	0.363	0.551
			Simpátrico	13.45±1.19		
		Experiencia	Virgen	10.35±1.63	<b>6.790</b>	<b>0.014</b>
		Con experiencia	13.0±1.05			
			Régimen* Experiencia		0.180	0.674
	Heteroespecífico	Coespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	8.45±1.37	0.773
			Simpátrico	8.05±0.92		
Experiencia		Virgen	8.6±1.17	0.360	0.553	
		Con experiencia	7.9±1.17			
		Régimen* Experiencia		1.050	0.313	
<b>Duración promedio</b>	Coespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	7.45±0.99	0.379	0.542
			Simpátrico	13.08±1.02		
		Experiencia	Virgen	9.97±1.34	<b>13.729</b>	<b>0.001</b>
		Con experiencia	10.56±1.02			
			Régimen* Experiencia		<b>4.472</b>	<b>0.042</b>
	Heteroespecífico	Coespecífico	Régimen selectivo	Alopátrico	8.90±0.87	1.005
			Simpátrico	11.0±1.02		
Experiencia		Virgen	10.67±1.00	2.056	0.161	
		Con experiencia	9.23±0.93			
		Régimen* Experiencia		0.010	0.921	

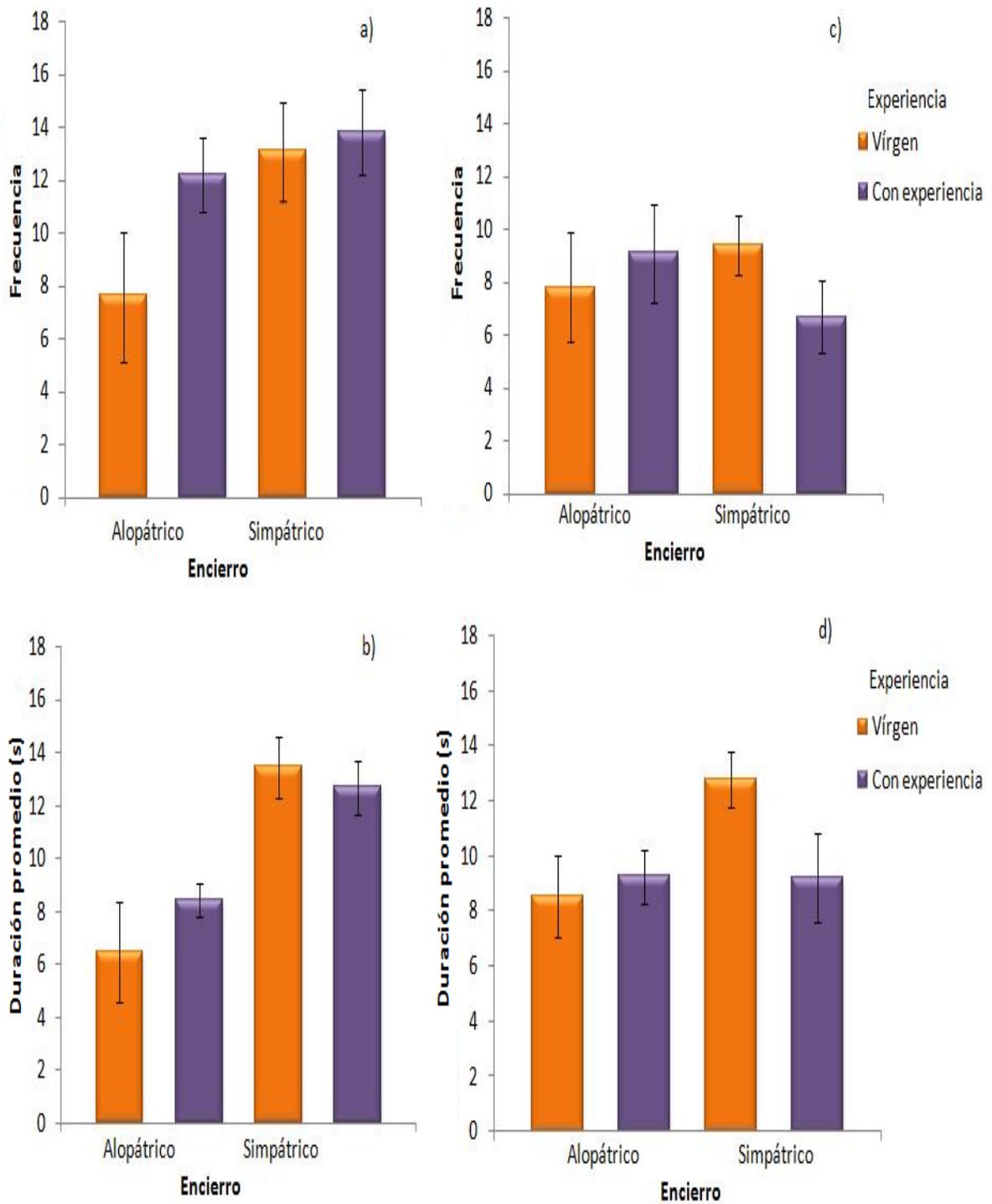


Figura 11.- Conducta de las hembras de *P. reticulata* frente a machos coespecíficos (a y b), y frente a machos heteroespecíficos (c y d). Se reporta  $X \pm E.E$  (ver estadística en tabla 6).

## 6.5 El cortejo de los machos en la elección de pareja

El cortejo de los machos *Z. tequila* se relacionó con la frecuencia de visitas que les realizaron las hembras coespecíficas ( $F_{(1,34)}9.209$ ,  $P=.005$ ) y con el tiempo de la duración de la visita a los machos heteroespecíficos ( $F_{(1,34)}4.723$ ,  $P=.037$ ). El cortejo de los machos *P. reticulata* también se relacionó con la frecuencia de visitas por parte de las hembras de esta especie ( $F_{(1,34)}5.278$ ,  $P=.028$ ).

Por otro lado el cortejo de los machos *P. reticulata* se relacionó con la frecuencia de visitas por las hembras de su misma especie. ( $F_{(1,34)}18.443$ ,  $P=.000$ ) (Tabla 7).

Tabla 7.- Resultados del análisis de varianza (ANOVA), para la covariable cortejo de los machos. N=40 machos de cada especie.

Hembra focal	Covariable	Variable de respuesta	Macho	$F_{(1,34)}$	P
<b>Z. tequila</b>	Cortejo del ♂ <i>Z. tequila</i>	Frecuencia de visitas al ♂	Coespecífico	<b>9.209</b>	<b>0.005</b>
			Heteroespecífico	2.318	0.137
	Cortejo del ♂ <i>P. reticulata</i>		Coespecífico	1.111	0.299
			Heteroespecífico	<b>5.278</b>	<b>0.028</b>
	Cortejo del ♂ <i>Z. tequila</i>	Duración de visitas al ♂	Coespecífico	0.312	0.580
			Heteroespecífico	<b>4.723</b>	<b>0.037</b>
	Cortejo del ♂ <i>P. reticulata</i>		Coespecífico	2.662	0.112
			Heteroespecífico	0.727	0.400
<b>P. reticulata</b>	Cortejo del ♂ <i>Z. tequila</i>	Frecuencia de visitas al ♂	Coespecífico	1.956	0.171
			Heteroespecífico	3.357	0.076
	Cortejo del ♂ <i>P. reticulata</i>		Coespecífico	<b>18.443</b>	<b>0.000</b>
			Heteroespecífico	0.105	0.748
	Cortejo del ♂ <i>Z. tequila</i>	Duración de visitas al ♂	Coespecífico	0.903	0.349
			Heteroespecífico	0.787	0.381
	Cortejo del ♂ <i>P. reticulata</i>		Coespecífico	1.715	0.199
			Heteroespecífico	0.340	0.564

## 7.-Discusión

La primer hipótesis que se propuso es que debido al uso compartido de señales visuales, la elección de pareja de las hembras de *Z. tequila* es afectada por la presencia de machos de *P. reticulata* y viceversa. Se encontró que la presencia de *Z. tequila* si afectó la elección de pareja de *P. reticulata* y viceversa, al parecer debido a la presencia de señales ornamentales de color anaranjado en los machos de ambas especies.

Las otras hipótesis planteadas consideraron por un lado el régimen selectivo (vivir en un encierro alopátrico o simpátrico) y por otro el efecto de la experiencia reproductiva (ser vírgen o tener experiencia con machos) en la elección de pareja por parte de las hembras. En *Z. tequila* se encontró que el régimen de coexistencia y la experiencia reproductiva de la hembra si influyeron en la elección de pareja, mientras que en *P. reticulata* la experiencia reproductiva es la que influye en la elección de pareja.

Las correlaciones observadas en las hembras *Z. tequila* simpátricas y vírgenes (Figura 7), así como en las hembras de *P. reticulata* alopátricas y simpátricas con experiencia (Figura 8 y 9), indican que hay una relación entre la duración de visitas hechas a machos coespecíficos y heteroespecíficos, esto sugiere que existe interferencia reproductiva entre ambas especies, probablemente debido a la similitud en la intensidad del color anaranjado presente en ambos machos (Figura 6).

Gröning y Hochkirch (2008), mencionaron que la interferencia reproductiva se puede deber a sesgos sensoriales. Si bien los sesgos sensoriales se desarrollaron en varias especies por medio de selección natural, deriva génica o mutación (Endler y Basolo 1998), estos se han adoptado para atraer pareja. Por ejemplo, los ácaros de agua de la especie *Neumania papillator* se alimentan de copépodos; los machos de esta especie vibran sus patas de la misma manera que lo hacen los copépodos al nadar y con esta estrategia pueden atraer a las hembras obteniendo la oportunidad de cortejarlas (Proctor 1991). Otro ejemplo lo tenemos en el pez *P. reticulata*; las hembras muestran una preferencia

por machos con manchas anaranjadas grandes o muy brillantes. Se ha propuesto que esta preferencia se debe a un sesgo sensorial por el color anaranjado, el cual es utilizado por ambos sexos para detectar alimento (Rodd et al 2002).

El color anaranjado presente en los machos de *Z. tequila* y *P. reticulata* está causando interferencia reproductiva entre ambas especies, debido a que las manchas de este color juegan un papel importante en la elección de pareja. Una gran cantidad de estudios realizados con *P. reticulata* confirman esta idea, ya que a pesar de que los machos poseen diferentes patrones de coloración que incluyen el color negro, el azul, el rojo, y el anaranjado, las hembras muestran una preferencia por machos en función de la extensión de sus manchas de color anaranjado (Houde 1987, Grether et al 1999, Long y Houde 1989, Kodric- Brown, A. 1989).

Los sesgos representan un costo para las hembras que los presentan, puesto que ellas pueden perder tiempo para forrajear ó la oportunidad de reproducirse (Saldívar Lemus 2010). En este estudio, el sesgo por el color anaranjado puede implicar mayores costos para las hembras de *Z. tequila* ya que estas pueden perder oportunidades de apareamiento con machos coespecíficos.

La interferencia reproductiva afecta la coexistencia de las especies. Sin embargo las especies pueden desarrollar estrategias que les permitan su coexistencia. Los resultados del ANOVA, en el caso de *Z. tequila* nos indican que el régimen de coexistencia por varias generaciones y la experiencia reproductiva pueden disminuir los costos de la interferencia. En las hembras de esta especie, se encontró que las simpátricas realizan una menor frecuencia de visitas a los machos heteroespecíficos, y lo mismo sucede cuando son simpátricas y tienen experiencia reproductiva. En la duración de las visitas se encontró que pasan menos tiempo con los machos heteroespecíficos (Tabla 2).

En las hembras de *P. reticulata* los costos de la interferencia pueden disminuir debido a la experiencia reproductiva, ya que las que tienen experiencia reproductiva

realizan una mayor frecuencia de visitas y pasan más tiempo con los machos coespecíficos. Esto es constante con algunos estudios que han encontrado precisamente que la elección de pareja se puede alterar por la experiencia del sujeto o por la interacción que haya tenido el sujeto con los individuos del otro sexo (Breden et al 1995, Kodric-Brown y Nicoletto 2001b, Magurran y Ramnarine 2004, Hebets y Vink 2007).

Aquí se encontró, que el cortejo de los machos de *Z. tequila* y *P. reticulata* influye en la frecuencia y en la duración de las visitas que les realizaron sus hembras coespecíficas (Tabla 7). En los guppies los carotenoides sirven para atraer la atención de las hembras (Endler 1983), pero no es el único factor que influye en sus preferencias, puesto que se ha visto que el éxito de acoplamiento de un macho también se basa en su intensidad de cortejo (Farr 1976, Kodric-Brown 1993, Nicoletto y Kodric-Brown 1999). El cortejo de estos machos es parecido ya que en ambas especies (Charreire 2006, Méndez Janovitz 2011), ellos despliegan sus aletas colocándose al frente o a un costado de la hembras, exhibiendo el color anaranjado que presentan en la cola, sin embargo el cortejo de los guppies es más vigoroso (observación personal).

En este estudio a cada hembra se le presentó un macho coespecífico y heteroespecífico al mismo tiempo, los machos estuvieron separados de la hembra mediante vidrios. Por ello la frecuencia y duración de las visitas de las hembras se basaron solamente en señales visuales (color anaranjado y el cortejo) emitidas por los machos. Sin embargo estas condiciones no las encontramos en la naturaleza. La especie *Z. tequila* tiene solo una pequeña población en Teuchitlán (De la vega- Salazar et al 2003b), en donde convive con *P. reticulata*, la cual tiene una mayor abundancia. Debido a esto a las hembras de *Z. tequila* les es más difícil encontrar a machos coespecíficos, y si a esto le agregamos el sesgo que tienen por el color anaranjado, las hembras podrían estar constantemente con machos guppies, lo cual disminuiría aún más sus oportunidades de apareamiento. Si bien la elección de pareja puede basarse en señales visuales, esta puede ser influida también por otros factores, por ejemplo las señales químicas, la edad y hasta por el riesgo de depredación (Kodric-Brown y Nicoletto 2001). Es por tanto difícil

determinar cómo se está dando la interferencia reproductiva entre ambas especies en la naturaleza.

Varios factores han contribuido a que *Z. tequila* este en peligro de extinción (De La Vega –Salazar et al. 2003b). Ahora sabemos que la interferencia reproductiva con *P. reticulata* puede estar contribuyendo a su declive. Sin embargo, nuestros resultados indican que mantener conviviendo a *P. reticulata* y *Z. tequila* por x generaciones, les permitió a ambas especies evitar un poco la interferencia reproductiva. Por lo que, si se quisiera reintroducir a *Z. tequila* a su hábitat, sería necesario que los individuos elegidos convivan con individuos de *P. reticulata* por periodos prolongados (x generaciones), para mejorar su éxito reproductivo, ya que probablemente es inevitable que ambas especies convivan, puesto que los guppies se encuentran en varios cuerpos de agua de México.

## 8.-Conclusiones

La interferencia reproductiva ha sido descubierta en un gran número de especies hermanas, sin embargo este trabajo nos da un ejemplo de que puede darse entre especies distantemente relacionadas. De este estudio se pueden concluir lo siguiente:

- En *Z. tequila* y *P. reticulata* hay interferencia reproductiva la cual puede deberse a un sesgo sensorial presente en las hembras, producido por la presencia de color anaranjado en los machos de ambas especies.
- La interferencia reproductiva puede afectar de manera distinta a las especies involucradas. En este caso al parecer afecta más a *Z. tequila* debido a que puede perder oportunidades de apareamiento y a que se distribuye en una sola localidad.
- El régimen selectivo y la experiencia reproductiva a la que están expuestos los organismos pueden influir en la conducta de las hembras. En *P. reticulata* el tener experiencia reproductiva y en el caso de *Z. tequila* tanto la experiencia reproductiva como el hecho de provenir de un encierro simpátrico les ayudó a las hembras a disminuir los costos de dicha interferencia, ya sea porque las hembras escapan de las trampas sensoriales, o porque incorporan nuevos elementos para discriminar entre machos.

## Bibliografía

Andersson, M. 1994. Sexual selection. Princeton University Press.

Andersson, M. & Simmons, L.W. 2006. Sexual selection and mate choice. Trends in Ecology and Evolution, 21 (6): 296-302.

Arnqvist, G. 2006. Sensory exploitation and sexual conflict. Phil Trans. R. Soc. B. 361:375-386.

Balakrishnan, R. & Pollack, G.S. 1996. Recognition of courtship song in the field cricket *Teleogryllus oceanicus*. Animal Behaviour 51:353- 366.

Breden, F.; Novinger, D. & Schubert A. 1995. The effect of experience on mate choice in the Trinidad guppy, *Poecilia reticulata*. Env. Biol. Fish. 7:323-328.

Carranza, J. 2009. Defining sexual selection as sex-dependent selection. Animal Behaviour 77: 749–751.

Carson, H.L.; Kaneshiro, K. Y. & Val F. C. 1989. Natural hybridization between the sympatric Hawaiian species *Drosophila silvestris* and *Drosophila heteroneura*. Evolution 43:190-203.

Charreire, R. M. 2006. La selección sexual como causa de extinción en *Zoogoneticus tequila*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.

Dawkins, M. S. & Guilford, T. 1996. Sensory bias and the adaptiveness of female choice. Am. Nat. 148: 937- 942.

De la Vega-Salazar, M. Y.; Avila-Luna, E. & Macías-García, C. 2003a. Ecological evaluation of local extinction: the case of two genera of endemic Mexican fish, *Zoogoneticus* and *Skiffia*. Biodiversity and Conservation. 12:2043-2056

De La Vega –Salazar, M. Y.; Avila-Luna E. G. & Macías-García, C. 2003b. Threatened fishes of the word: *Zoogoneticus tequila* (Webb and Miller 1998) (Goodeidae). Env. Biol. Fish. 68:14.

De la Vega-Salazar, M. Y. & Macías- García, C. 2005. Principal factors in the decline of the Mexican endemic viviparous fishes (Goodeinae: Goodeidae). Cap. 33 en: M. C. Uribe & H. J. Grier (Eds.) Viviparous Fishes. Proceedings of I and II International Symposia. New Life Publications, Homestead FL, USA. ISBN 0-9645058-5.

Endler, J. A. 1980. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*. Evolution 34: 76-91.

- Endler, J. A. 1983. Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes. *Env. Biol. Fish.* 9:173-190
- Endler, J. A. & Basolo, A.L. 1998. Sensory ecology, receiver biases and sexual selection. *Trends in Ecology and Evolution* 13:415-420.
- Estrada, C. & Jiggins, C. D .2008. Interspecific sexual attraction because of convergence in warning colouration: is there a conflict between natural and sexual selection in mimetic species? *Journal of Evolutionary Biology*, 21:749–760.
- Farr, J.A. 1976. Social facilitation of male sexual behavior, intrasexual competition, and sexual selection in the guppy, *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). *Evolution* 30: 707–717.
- Fisher, R.A. 1930. *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon Press, Oxford.
- Flanagan R.J.; Mitchell R.J. & Karron J. D.2010. Increased relative abundance of an invasive competitor for pollination, *Lythrum salicaria*, reduces seed number in *Mimulus ringens*. *Oecologia* 164:445–454.
- Friberg, M.; Vongvanich, N.; Borg-Karlson, A. K.; Kemp, D.J.; Merilaita, S. & Wiklund, C. 2008. Female mate choice determines reproductive isolation between sympatric butterflies. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 62:873–886.
- Gesundheit, P. y Macías Garcia, C. 2006. “Distribución de peces dulceacuícolas introducidos en las cuencas de México central, con especial atención a las localidades dentro del área de distribución de los peces endémicos de la familia Goodeidae.” Informe final para la CONABIO.
- Grether, G. F. 2000. Carotenoid limitation and mate preference evolution: a test of the indicator hypothesis in guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution* 54: 1712-1724.
- Grether, G.F.; Hudon, J. & Millie, D.F. 1999. Carotenoid limitation of sexual coloration along an environmental gradient in guppies. *Proc R. Soc. Lond.* 266:1317-1322
- Gröning, J. & Hochkirch, A. 2008. Reproductive interference between animal species. *Quarterly Review of Biology* 83:257– 282.
- Hebets, E.A. & Vink, C. J.2007 .Experience leads to preference: experienced females prefer brush-legged males in a population of syntopic wolf spiders. *Behavioral Ecology* 18:1010–1020
- Hettyey, A. & Pearman, B. 2003. Social environment and reproductive interference affect reproductive success in the frog *Rana latastei*. *Behavioral Ecology* 14: 294–300.

Hochkirch, A.; Deppermann, J. & Gröning, J. 2006. Visual communication behavior as a mechanism behind reproductive interference in three pygmy grasshoppers (Genus *Tetrix*, Tetrigidae, Orthoptera). *Journal of Insect Behavior* 19: 559–571.

Holland, B. & Rice, W. 1998. Perspective: chase-away selection: antagonistic seduction versus resistance. *Evolution* 52(1):1-7.

Houde, A. E. 1987. Mate choice based upon naturally occurring color pattern variation in a guppy population. *Evolution* 41: 1-10.

Houde, A. E. Sex, color, and mate choice in guppies. 1997. Princeton, University Press. Princ.

Jones, A. G & Ratterman, N.L. 2009. Mate choice and sexual selection: what have we learned since Darwin? *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106 (1):1001-1008.

Kandori, I.; Hirao, T.; Matsunaga, S. & Kurosaki, T. 2009. An invasive dandelion unilaterally reduces the reproduction of a native congener through competition for pollination. *Oecologia* 159:559–569.

Kelley, J. L.; Magurran, A. E. & Macías Garcia, C. 2005. The influence of rearing experience on the behaviour of an endangered Mexican fish, *Skiffia multipunctata*. *Biological Conservation* 122: 223–230.

Kelley, J. L., Graves, J. A. & Magurran, A. E. 1999. Familiarity breeds contempt in guppies. *Nature* 401: 661-662.

Kishi, S.; Nishida, T. & Tsubaki, Y. 2009. Reproductive interference determines persistence and exclusion in species interactions. *Journal of Animal Ecology* 78:1043–1049.

Kodric-Brown, A. 1989. Dietary carotenoids and male mating success in the guppy: an environmental component to female choice. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 25: 393-401.

Kodric-Brown, A. 1993. Female choice of multiple male criteria in guppies : interacting effects of dominance, coloration and courtship. *Behav. Ecol. and Sociobiol.* 32, 415–420.

Kodric-Brown, A. y Nicoletto, P. F. 2001a. Female choice in the guppy (*Poecilia reticulata*): the interaction between male color and display. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 50: 346–351.

Kodric-Brown, A. & Nicoletto, P. F. 2001b. Age and Experience Affect Female Choice in the Guppy (*Poecilia reticulata*). *American Naturalist* 157: 316-323.

Kokko, H.; Brooks, R.; Jennions, M. D. & Morley, J. 2003. The evolution of mate choice and mating biases, *Proc. R. Soc. B.* 270: 653–664.

- Kuno, E. 1992. Competitive exclusion through reproductive interference. *Researches on Population Ecology* 34:275–284.
- Liley, N.R. 1966. Ethological isolating mechanisms in four sympatric species of poeciliid fishes. *Behaviour (Suppl.)* 13: 1–197.
- Lombardi, J. & Wourms, J. 1985. The trophotaenial placenta of a viviparous goodeid fish. I: Ultrastructure of the internal ovarian epithelium, the maternal component. *J. Morphol.* 184:277-292.
- Long, K.D. & Houde, A.E. 1989. Orange spots as a visual cue for female mate choice in the guppy (*Poecilia reticulata*). *Ethology* 82:316–324
- Macías Garcia, C & González Zuarth, C. 2005. Reproductive Behaviour of Viviparous Fish and Intersexual Conflict. Cap. 19 en: M. C. Uribe & H. J. Grier (Eds.) *Viviparous Fishes. Proceedings of I and II International Symposia*. New Life Publications, Homestead FL, USA. ISBN 0-9645058-5-1
- Macías Garcia, C.; Saborío, E. & Berea, C. 1998. Does male-biased predation lead to male scarcity in viviparous fish? *Journal of Fish Biology* 53 (Supplement A), 104-117.
- Macías Garcia, C. & Ramirez, E. 2005. Evidence that sensory traps can evolve into honest signals. *Nature* 434:501-505.
- Magurran AE. & Seghers B. 1994. A cost of sexual harassment in the guppy *Poecilia reticulata*. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 258:92–99
- Magurran, A. E. & Ramnarine, I.W. 2004. Learned mate recognition and reproductive isolation in guppies. *Animal Behaviour* 67 :1077–1082.
- Man S.H & Hodgkiss I.J. 1981. *Hong Kong freshwater fishes Hong Kong, people's Republic of China: Wishing Printing Company.*
- Méndez Janovitz, M. 2011. Relación entre la complejidad del cortejo y la tasa de especiación en la subfamilia Goodeinae (Pisces: Cyprinodontiformes). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 55 pp.
- Miller, R. R. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. Chicago, Illinois University of Chicago Press.
- Nicoletto, P.F. & Kodric-Brown, A. 1999. The use of digitally modified videos to study the function of ornamentation and courtship in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Env. Biol. Fish.* 56:335–344.

- Olson, V.A. & Owens, I.P.F. 1998. Costly sexual signals: are carotenoids rare, risky or required? *Trends in Ecology Evolution*, 13(12): 510-514.
- Pocklington, R. & Dill, L.M. 1995. Predation on females or males: who pays for bright male traits? *Animal Behaviour* 49: 1122–1124.
- Price, A.C.; Weadick, C.J.; Shim, J. & Rood, H. 2008. Pigments, patterns, and fish behavior. *Zebrafish* 5(4): 297-307.
- Proctor, H. C. 1991. Courtship in the water mite *Neumania papillator*: males capitalize on female adaptations for predation. *Animal Behaviour* 42, 589–598.
- Ratcliffe, L.M. & Grant, P.R. 1983. Species recognition in Darwin's finches (*Geospiza*, Gould). I. Discrimination by morphological cues. *Animal Behaviour* 31:1139–1153.
- Rodd, F.H.; Hughes, K.A.; Grether, G. & Baril, C.T. 2002. A possible non-sexual origin of a mate preference: are male guppies mimicking fruit? *Proc. R. Soc. B.* 269:475-481.
- Ryan, M.J. 1998. Sexual selection, receiver biases, and the evolution of sex differences. *Science* 281:1999-2002.
- Ryan, M.J & Rand, A.S. 1993. Species recognition and sexual selection as a unitary problem in animal communication. *Evolution* 47: 647-657.
- Saldívar Lemus Y. Coevolución antagonista: reducción de la eficiencia en el forrajeo como consecuencia de trampas sensoriales. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 68 pp.
- Schultz, J. K. & Switzer, P. V. 2001: Pursuit of heterospecific targets by territorial amberwing dragonflies (*Perithemis tenera* Say): a case of mistaken identity. *J. Insect. Behav.* 14 (5):607-620.
- Sherman, P.W. 1999. Sexual selection and sensory exploitation. *Science* 283: 1083.
- Söderbäck B. 1994. Reproductive interference between two co-occurring crayfish species, *Astacus astacus* L. and *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Nordic Journal of Freshwater Research* 69:137-143.
- Takakura, K. I & Fujii, S. 2010. Reproductive interference and salinity tolerance differentiate habitat use between two alien cockleburrs: *Xanthium occidentale* and *X. italicum* (Compositae) *Plant. Ecol.* 206:309–319.
- Thum, R.A. 2007. Reproductive interference, priority effects, and the maintenance of parapatry in *Skistodiaptomus* copepods. *Oikos* 116: 759–768.

Thompson, C.W.; Hillgarth, N.; Leu, M. & McClure H. E. 1997. High parasite load in house finches (*Carpodacus mexicanus*) is correlated with reduced expression of a sexually selected trait. *Am. Nat.* 149:270-294.

Valero, A.; Macías García, C. & Magurran A. E. 2008. Heterospecific harassment of native endangered fishes by invasive guppies in Mexico. *Biol. Lett.* 4(2):149–152.

Valero, A. 2010. Mating Interference due to introduction of exotic species. : M. D. Breed & J. Moore (Eds.) *Encyclopedia of Animal Behavior*, volume 1. Academic Press, ISBN: 978-0-08-045333-0.

Webb, S. A. & Miller, R. R. 1998. *Zoogoneticus tequila*, A new Goodeid Fish (Cyprinodontiformes) from the Ameca Drainage of Mexico, and a rediagnosis of the genus. *Occ. Papers. Mus. Zool. Univ. Mich.* 725:1-23

Zahavi, A. 1975. Mate selection a selection for a handicap. *J. Theor. Biol.* 53:205-214

## Apéndice

### Resultados del color de los machos *Z. tequila* y *P. reticulata*

Tabla 1.-Comparación del color ornamental de machos de ambas especies presentados como coespecíficos y heteroespecíficos utilizando U de Mann-Whitney. N=80 machos de cada especie.

Hembra	Macho	Comparación del color ( $\bar{X} \pm E.E.$ )	Z	GL	P
<i>Z. tequila</i>	a) <i>Z. tequila</i>	0.08206 $\pm$ 0.00012	-1.472	1	0.141
	b) <i>P. reticulata</i>	0.08179 $\pm$ 0.00014			
<i>P. reticulata</i>	c) <i>P. reticulata</i>	0.08206 $\pm$ 0.00027	-1.761	1	0.078
	d) <i>Z. tequila</i>	0.08254 $\pm$ 0.00025			

### Resultados de las correlaciones de las hembras de *Z. tequila* y *P. reticulata*

Tabla 2.-Correlación (Pearson) entre la frecuencia (número) y duración (en segundos) de visitas realizadas a los machos por las hembras de *Z. tequila*. N=10 hembras en cada caso.

Variable de respuesta	Régimen selectivo	Experiencia	Macho		r	P
			Coespecífico ( $\bar{X} \pm E.E.$ )	Heteroespecífico ( $\bar{X} \pm E.E.$ )		
Frecuencia	Alopátrica	Virgen	5.6 $\pm$ 1.51	4.3 $\pm$ 0.65	-0.043	0.906
		Con experiencia	11.6 $\pm$ 2.07	6.55 $\pm$ 0.83	0.376	0.284
	Simpátrica	Virgen	9.8 $\pm$ 1.99	5.1 $\pm$ 0.86	-0.394	0.260
		Con experiencia	8.0 $\pm$ 2.24	3.1 $\pm$ 0.60	-0.276	0.440
Duración	Alopátrica	Virgen	8.4 $\pm$ 1.69	9.03 $\pm$ 1.22	-0.401	0.250
		Con experiencia	9.12 $\pm$ 1.02	8.95 $\pm$ 0.50	0.399	0.254
	Simpátrica	Virgen	10.4 $\pm$ 1.34	8.65 $\pm$ 1.07	<b>0.889</b>	<b>0.001</b>
		Con experiencia	10.04 $\pm$ 0.99	7.73 $\pm$ 0.63	-0.286	0.424

Tabla 3.- Correlación (Pearson) entre la variable frecuencia (número) y duración (en segundos) de visitas realizadas a los machos por las hembras de *P. reticulata*. N=10 hembras en cada caso.

Variable de respuesta	Régimen selectivo	Experiencia	Macho		r	P
			Coespecífico (X±E.E.)	Heteroespecífico (X±E.E.)		
<b>Frecuencia</b>	Alopátrica	Virgen	7.6±2.45	7.8±2.08	0.256	0.476
		Con experiencia	12.2±1.42	9.1±1.88	0.474	0.167
	Simpátrica	Virgen	13.1±1.86	9.4±1.14	0.345	0.329
		Con experiencia	13.8±1.59	6.7±1.38	0.507	0.134
<b>Duración</b>	Alopátrica	Virgen	6.47±1.87	8.55±1.47	-0.091	0.803
		Con experiencia	8.43±0.65	9.26±0.99	<b>0.899</b>	<b>0.000</b>
	Simpátrica	Virgen	13.47±1.16	12.8±1.02	-0.351	0.320
		Con experiencia	12.69±1.73	9.2±1.64	<b>0.833</b>	<b>0.003</b>