

Comportamiento de reotaxis de *Dormitator latifrons* (Richardson 1844) bajo condiciones de laboratorio

Daniel Badillo Zapata^{1,2}, Gibran Isaac Castillo Guzmán¹, Martín Alonso Aréchiga Palomera¹, Manuel Alejandro Vargas Ceballos^{1,3}, Olimpia Chong Carrillo¹, Alí Francisco Espinosa Magaña^{1,4}, Saúl Rogelio Guerrero Galván¹, Fernando Vega Villasante^{1*}

Resumen

Algunos peces de agua dulce pueden ser atraídos o estimulados por las corrientes de agua de los entornos fluviales, este fenómeno se le conoce como reotropismo o reotaxis, y está ligado a migraciones con fines reproductivos, alimenticios y de supervivencia. El presente estudio tiene el objetivo de exponer un sistema para evaluar y confirmar el comportamiento de reotaxis de *Dormitator latifrons*, un pez de agua dulce con importancia comercial y alimenticia, y que en los últimos años ha cobrado interés para la acuicultura. Se diseñó un sistema experimental realizado con tubería de PVC formando un circuito cerrado, se pusieron a prueba dos grupos de peces; chicos (5 cm de longitud) y grandes (10-15 cm) nadando contra corriente bajo tres velocidades distintas (alta, media y baja). Se confirmó el comportamiento de reotaxis positiva en *D. latifrons*, además, se encontraron diferencias en los dos grupos de peces, pues los tiempos de fatiga más prolongados se encontraron en los organismos de 5 cm, esta talla presentó un mayor rendimiento nadando contra corriente. Esta investigación ayudará a futuros estudios relacionados con la especie principalmente a los que estén involucrados con la ecología y migración de este organismo, así como ayudar en problemáticas como los pasos o escaleras para peces elaborados en algunas represas para el paso río arriba.

Palabras clave: Gobidae, reotropismo, diadromía, acuicultura.

Abstract

Some freshwater fish can be attracted or stimulated by the water currents of river environments, this phenomenon is known as rheotropism, and it is linked to migrations for reproductive, food and survival purposes. The present study aims to present a system to evaluate and confirm the rheotaxis behavior of *Dormitator latifrons*, a freshwater fish with commercial and nutritional importance, and which in recent years has gained interest for aquaculture purposes. An experimental system made with PVC pipe forming a closed circuit was designed, two groups of fish were tested, small (5 cm in length) and large (10-15 cm) swimming against the current under three different speeds (high, medium and low). The positive rheotaxis behavior was confirmed in *D. latifrons*, in addition, differences were found between the two groups of fish, since the longest fatigue times were found in the 5 cm organisms, the latter showed a higher performance swimming against the current. This research will provide a more accurate insight for future studies, mainly those involved in the ecology and migration of this organism, as well as providing resolution for current problems, such as the steps or stairs for fish elaborated in some dams for the upstream passage.

Key words: Gobidae, rheotropism, diadrome, aquaculture.

Recibido: 31 de agosto de 2020

Aceptado: 14 de octubre de 2020.

¹ Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental, Centro de Investigaciones Costeras, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

² Cátedras CONACYT. Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor. Alcaldía Benito Juárez, 03940, Ciudad de México.

³ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, 23096, B.C.S. México.

⁴ Laboratorio de Ecología, Paisaje y Sociedad. Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad no. 203, Ixtapa, Jalisco, México.

* **Autor de correspondencia:** fernandovega.villasante@gmail.com (FVV)

Introducción

Algunos organismos como los peces realizan migraciones entre aguas dulces y salobres con propósitos reproductivos y alimenticios, comportamiento que se le conoce como diadromía, estos organismos exhiben tres patrones migratorios: i) los peces anádromos como el salmón, que migran desde el mar para reproducirse en agua dulce; ii) los peces catádromos como las anguilas, que se desplazan del agua dulce para reproducirse en el mar; y iii) la anfidromía, cuyo concepto se restringe para peces que se reproducen en agua dulce y se desplazan río abajo después de la eclosión para alimentarse en el mar durante períodos de tiempo variables antes de regresar al agua dulce para alimentarse y crecer hasta la madurez (Myers 1949, Donson *et al.* 2009). Los organismos anfidromos se ven fuertemente atraídos o estimulados por las corrientes de agua que son captadas por ellos como señales fuertes que los hacen reaccionar activando su instinto de reotropismo o reotaxis positiva, es decir, nadar en contra de la corriente. Este comportamiento en algunos casos está ligado a migraciones y se ha demostrado para una gran variedad de peces de agua dulce (Lucas *et al.* 2001).

La reotaxis en estos organismos implica la conservación de una determinada posición geográfica, impidiendo su deriva aguas abajo hacia ambientes potencialmente desfavorables (Tablado & Oldani 1984). El bagre *Trichomycterus* es un claro ejemplo de ello, ya que realizan desplazamientos sobre superficies rocosas que le ayudan a la especie a evitar la muerte encontrando otros cuerpos de agua (Richard & Contreras 2019). Bajo esa misma idea, Gómez & Ferris (2002) mencionan que la velocidad de natación es una variable de gran importancia biológica, ya que puede implicar la posibilidad

de depredación sobre otros organismos o la de ser depredados, que son importantes factores de supervivencia. Sin embargo, existe una complicación metodológica para evaluar la capacidad que poseen estos organismos para desplazarse en el agua.

Entre dichas complicaciones se encuentran las diferentes técnicas para evaluar el desplazamiento y la velocidad de estos, como la “velocidad de fatiga”, que consiste en medir el tiempo en el que el pez nada contra la corriente hasta que es arrastrado por la misma; si el tiempo transcurrido es prolongado se le puede denominar como “velocidad de crucero” (Gómez & Ferris 2002). En adición, se puede citar el trabajo de Quirós (1988), donde realiza un estudio *in situ* para evaluar la velocidad contra corriente de peces salmónidos en construcciones hidroeléctricas. En un trabajo más reciente, Aramburu-Godinez *et al.* (2014) explican una serie de criterios de diseño para estudiar las capacidades natatorias de salmónidos y ciprínidos en condiciones de laboratorio.

En diferentes partes del mundo, la ictiofauna presenta la problemática de enfrentarse a obras de infraestructura hidráulica como son las represas, diques, compuertas y azudes (Oldani & Oliveros 1984), que, en algunos casos, pueden interrumpir el ciclo de vida de algunas especies diádromas. La presencia de obstáculos artificiales a lo largo del eje fluvial puede resultar en el aislamiento de las poblaciones acuáticas. A pesar de que algunas especies logran cruzar las barreras, existe un impacto acumulado, de manera que los obstáculos ejercen una selección sobre la población reduciendo la densidad de sus efectivos aguas arriba, a lo largo del eje fluvial (Vieira *et al.* 2010), a este problema, se le puede agregar el hecho

de que algunas especies de peces de menor longitud presentan mayores distancias de desplazamiento que los peces de mayor tamaño (Radinger & Wolter 2014).

El presente trabajo pretende generar conocimientos sobre el comportamiento de reotaxis del pez dormilón *Dormitator latifrons*. A esta especie, se le considera un recurso pesquero y candidato potencial para la acuicultura, pues forma parte de la gastronomía tradicional, inclusive en Ecuador ya es cultivado a partir de crías silvestres (Schwarz 2007; Arriaga & Martínez 2002), aunque de esta experiencia no se han derivado publicaciones científicas. *Dormitator latifrons*, habita ecosistemas costeros como manglares, donde se presentan aguas salobres (Barrionuevo & Marcial 2006), ríos, llanuras de inundación y granjas de camarón. Esta capacidad de adaptación se debe a su amplio espectro para soportar niveles de salinidad que van desde 0% hasta más del 50%, por lo que explica la capacidad de desplazarse por los distintos cuerpos de agua (Chang 1983). Con base en lo anterior y por las observaciones llevadas a cabo en el Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental (LACUIC) de la Universidad de Guadalajara, se hipotetizó que esta especie posee un comportamiento de reotropismo o reotaxis positiva. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue diseñar, construir y evaluar un modelo experimental para poner a prueba el comportamiento de reotaxis en diversas tallas del pez *D. latifrons*. Este trabajo servirá de base para ayudar a fortalecer y generar propuestas para la construcción de pasos de ictiofauna que ven interrumpido su ciclo de vida.

Material y métodos

Organismos

Los organismos experimentales se obtuvieron de un stock del LACUIC, colectados en un cauce que atraviesa el Centro Universitario de la Costa, de la Universidad de Guadalajara, en la Ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco. Se seleccionaron organismos de tres tallas distintas: i) 5 cm, ii) 10 a 12 cm y iii) 15 a 17 cm (50 organismos de cada talla) de largo total (desde la boca a la cola). Los organismos fueron discriminados conforme a su longitud en reservorios que consistieron en tinacos Rotoplas® con capacidad de 500 L. Los peces confinados fueron alimentados con pellets de la marca Maltacleyton® con 35% de proteína y 5.5 % de lípidos, para mantenerlos en óptimas condiciones previo al diseño experimental. Cada reservorio se mantuvo con aireación constante y sin otro manejo que no fuera la alimentación durante cinco días hasta el inicio de los ensayos del comportamiento de reotaxis.

Diseño del sistema

Se diseñó y construyó un túnel de corriente de circuito cerrado, que consta de 2 tubos de 6 pulgadas de 6 m de largo y 4 codos de 6 pulgadas, para crear un óvalo (Fig. 1A). Este sistema cuenta con un tubo de alimentación de agua de 1 pulgada de diámetro y otro de salida de 6 pulgadas de diámetro con reducciones para lograr 2 pulgadas de diámetro. La retroalimentación de agua se logra mediante un sistema que permite retornar el agua, que se extrae del tubo de salida y que cae a un contenedor, mediante una bomba centrífuga (Bekett ® modelo Dp 1800) (Fig. 1B). La regulación del flujo de agua (que permite a su vez regular las velocidades en el túnel) se logró adicionando un sistema de by pass a la bomba (Fig. 1C). En la sección A del sistema (6 m largo) (Fig. 1D), fue instalado el tubo de alimentación para crear un

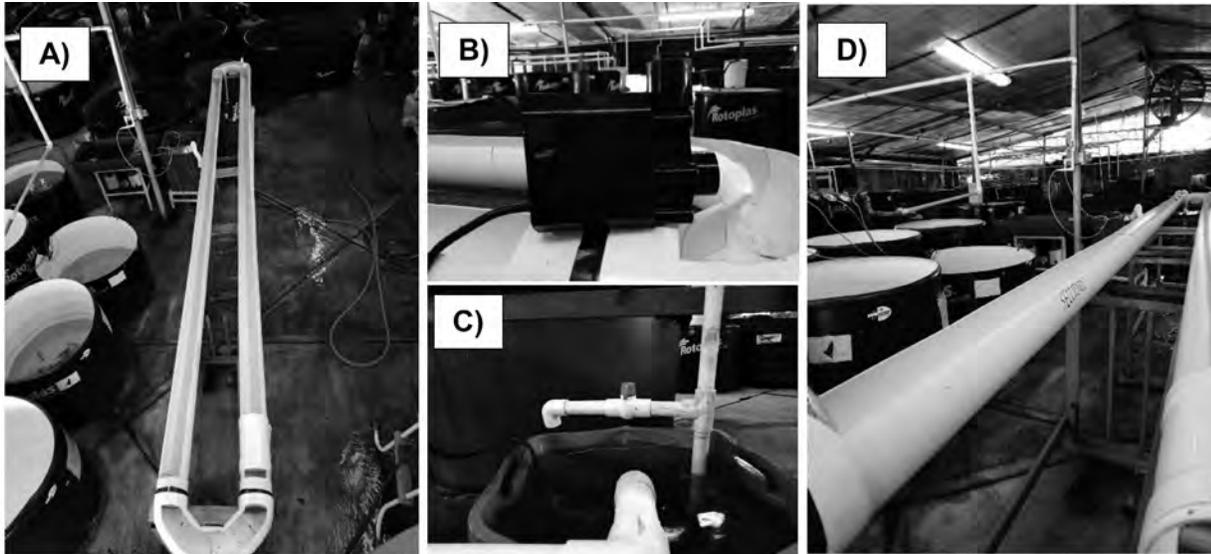


Figura 1. Diseño para evaluar el comportamiento de reotaxis del pez *Dormitator latifrons*. A) Sistema realizado con tubería de PVC formando un circuito cerrado con un flujo. B) Bomba centrífuga utilizada para llevar el agua de retorno al sistema generando la corriente de agua necesaria para elaborar las pruebas. C) El sistema de by pass se usa para regular y estabilizar la corriente de agua dentro del sistema. D) La sección A es donde se realizaron las pruebas, corresponde a uno de los dos brazos del sistema donde llega el agua que es impulsada por la bomba centrífuga.

flujo de agua y ajustar las diferentes velocidades experimentales. Esta área fue dividida en tres secciones (D1, D2 y D3) de 1.80 m cada una.

Ajuste de velocidades de flujo

En las tres divisiones (D1, D2 y D3) se registró la velocidad de acuerdo con el flujo que se ingresó al túnel. Se establecieron tres flujos: Alto, medio y bajo. Con la ayuda de un flotador (Bass pro shop®), se tomó la velocidad en cada división obteniendo las velocidades en cm/s del flujo superficial.

Ensayos de reotaxis

Los peces fueron puestos a prueba individualmente con las distintas velocidades, colocándolos en la sección A y registrando el tiempo del nado contra corriente (reotaxis positiva) en cada división con ayuda de un cronómetro. Se buscó obtener la velocidad crucero y el tiempo de arrastre o fatiga que presenta

cada individuo en las distintas velocidades establecidas. El procedimiento se repitió 50 veces por talla y una vez por organismo.

Análisis de los datos

Las diferencias entre los tiempos de fatiga en las tres velocidades y entre las dos tallas fueron comparadas entre sí mediante una prueba de Mann-Whitney, con pruebas de normalidad previas ($P < 0.050$). Los valores calculados de U de Mann-Whitney fueron cotejados con una tabla de valores críticos de alfa (α) para la prueba U de Mann-Whitney, con el fin de conocer el valor de p .

Resultados

Los datos generados se presentan seis grupos experimentales (V1-6), con tres divisiones implementadas para flujo de corrientes (Alto, medio y bajo) con sus respectivos registros de velocidad: peces de talla 5 cm en D1 (VC1), D2 (VC2), D3

Tabla I. Registro generado en el estudio del comportamiento de reotaxis en el pez *Dormitator latifrons*.

	Grupos experimentales					
	VC1	VC2	VC3	VC4	VC5	VC6
División	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Flujo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
Velocidad	128.57	65.21	25.93	128.57	65.21	25.93
Peces	5 cm			5 a 10 cm		
<i>n</i>	36	36	36	71	71	71
Media	10.233	16.712	40.527	7.771	8.291	31.972
Desviación estándar	7.495	9.945	22.286	4.384	5.089	19.572
Error estándar	1.249	1.658	3.714	0.52	0.604	2.323
Valor mínimo	2.95	4.56	12.49	2.58	1.64	7.3
Valor máximo	33.96	45.65	100	22.48	25.48	90

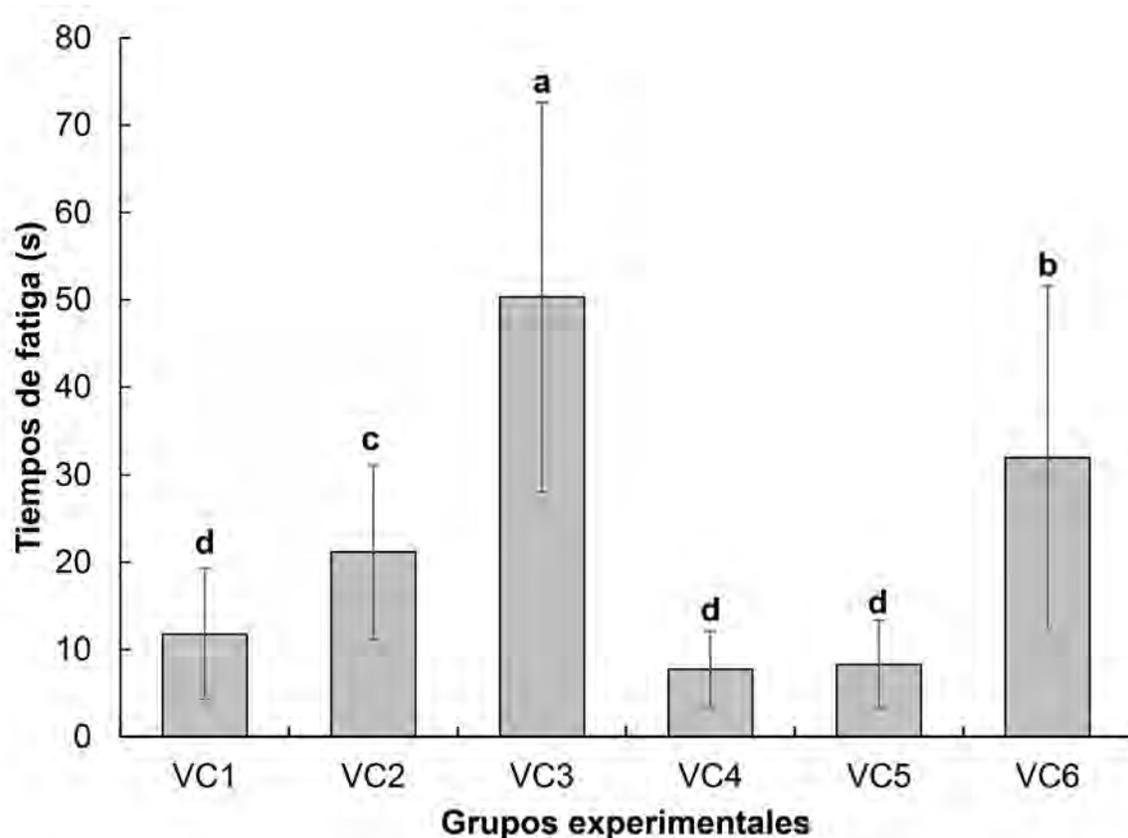


Figura 2. Tiempos de fatiga (segundos) que permaneció *Dormitator latifrons* nadando contra corriente en las tres divisiones establecidas: peces de talla 5 cm en D1 (VC1), D2 (VC2), D3 (VC3); y peces de talla 10-15 cm en D1 (VC4), D2 (VC5), y D3 (VC6). Los superíndices diferentes muestran las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

(VC3); y peces de talla 10-15 cm en D1 (VC4), D2 (VC5), y D3 (VC6) (Tabla 1). Los organismos de tallas mayores a los 15 cm fueron excluidos de los análisis, ya que estas provocaban problemas como el desbordamiento del agua al circular por el sistema. La división D1, que aquí se establece como un flujo de corriente alta, arrojó una velocidad de 128.5 cm/s, para la D2 62.2 cm/s, y un valor de 25.9 cm/s para el flujo bajo (D3).

Se presenta el registro de los tiempos (segundos) que permanecieron los peces nadando contra la corriente, el número de organismos (n), la desviación y el error estándar. El grupo de peces VC3 registró la media más alta (40.5 s), es decir, el tiempo de fatiga más prolongado, mientras que el grupo VC4, la más baja, con 7.7 s. En general, se observa un patrón descendente, a mayor velocidad de flujo de agua, menor es el tiempo de fatiga en que los peces nadan contra corriente (Tabla I). No se registró mortalidad por causas relacionadas con el sistema experimental o por otras razones en las 48 horas posteriores a las pruebas.

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) entre los tiempos de fatiga en las tallas de 5 cm y de 10 a 15 cm. Los tiempos de fatiga más prolongados se encontraron en los organismos de 5 cm, lo que indica que esta talla de peces presenta un mayor rendimiento nadando contra corriente. Un segundo análisis más detallado arrojó resultados similares, donde los peces de 5 cm (VC2 y VC3) mostraron tiempos de fatiga más prolongados ($P < 0.001$) contra aquellos de talla 10-15 cm (VC5 y VC6, respectivamente), con la excepción de que el grupo VC1 no mostró diferencias significativas ($P = 0.323$) contra el VC4 o inclusive contra el VC5 ($P = 0.323$) (Fig. 2). El tiempo de fatiga se vio afectado por la velocidad del flujo de la corriente,

independiente de la talla. En los peces de talla 5 cm, el grupo VC1 mostró diferencias significativas contra VC2 y VC3, y el mismo caso entre estos dos últimos ($P < 0.001$). En los peces de talla 10-15 cm, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) entre VC4 y VC5 contra los peces del grupo VC6, donde estos últimos mostraron un mayor tiempo de fatiga, frente a un flujo de corriente menor (Fig. 2).

Discusión

No es la primera vez que se diseña un sistema para evaluar la capacidad de natación de peces, Gómez & Ferriz (2002) utilizan un sistema que consistió en un túnel de corriente variable compuesto por un tubo acrílico transparente de 105 cm de largo y un diámetro de 5.6 cm para evaluar la capacidad de natación en *Poecilia reticulata*. También se puede citar el trabajo de Aramburu-Godinez *et al.* (2014) donde generan una serie de criterios de diseño hidrodinámico considerando las capacidades natatorias de salmónidos y ciprínidos. Con las pautas generadas por la bibliografía, se plantearon las propuestas de los posibles diseños de modelos experimentales para el presente. Una vez construido y probado el modelo experimental se procedió a introducir los peces para comenzar las observaciones en un sistema con tubería de PVC formado por un circuito cerrado.

Se logró desarrollar un sistema efectivo para evaluar la reotaxis y se llevaron a cabo las pruebas para determinar el efecto del flujo de la corriente sobre el comportamiento de nado en *D. latifrons*. Quedó demostrado que los peces pequeños presentaron un mayor tiempo de fatiga nadando contra corriente frente a peces más grandes. Radinger & Wolter (2014) encuentran resultados

similares, en añadidura mencionan que los desplazamientos no responden a migraciones reproductivas, sino que diversos factores se ven implicados en ellos, como la longitud del pez, orden del río, ancho, flujo promedio, y radio de la aleta caudal. Aunque Radinger & Wolter (2014) señalan que existe una contradicción con la literatura, el presente estudio coincide con los resultados de ellos, pues concluyen que el principal factor de movilidad del pez es la longitud, donde los peces de menor longitud mostraron mayores distancias de desplazamiento que los peces de mayor tamaño. Esos hallazgos se pueden traducir al presente, donde los peces de menor longitud presentaron mayores tiempos de fatiga nadando contra corriente.

Como ya se mencionó, los peces de talla pequeña presentaron mayor rendimiento nadando contra corriente. Este hecho puede verse relacionado con la ley de la viscosidad de Newton, la cual establece que, así como en los sólidos, en los fluidos también existe cierta fricción y que la tensión de cortadura es directamente proporcional a la viscosidad (Streeter 1972). Los peces de menor tamaño pueden permanecer más tiempo nadando porque no actúa de la misma forma la viscosidad de fluidos en ellos, que como lo hace en peces que presentan un mayor tamaño. Una mayor superficie de contacto con el fluido hace que se vean más afectados por la viscosidad. Esto sugiere que, a pesar de que *D. latifrons* es un pez que presenta reotaxis, puede que en el medio natural sea una especie que nade contra corriente en lapsos cortos y se desplace a zonas con menor turbulencia para descansar y volver de nuevo a las corrientes de agua. Por lo anterior, es probable que este sea el comportamiento en los desplazamientos que hace *D. latifrons* entre ríos y zonas costeras, a pesar de no demostrar en

este estudio ser un nadador de alto rendimiento.

Las obras de infraestructura hidráulica como son las represas, diques, compuertas y azudes pueden interrumpir el ciclo de vida de algunas especies diádromas. Una barrera obstruye la principal y casi única vía de paso debido a la falta de rutas alternas (Fullerton *et al.* 2010) por lo que la pérdida de conectividad afecta de manera negativa la diversidad de peces (Bunn & Arthington 2002). La fragmentación de hábitat, provocada por la interrupción de infraestructura hidráulica, puede traer problemas como el incremento del riesgo para la extinción de poblaciones o especies (Farah 2016). La presencia de obstáculos ejerce una selección sobre la población reduciendo la densidad de sus efectivos aguas arriba, a lo largo del eje fluvial (Vieira *et al.* 2010). El pez *D. latifrons* puede enfrentar estos problemas, ya que, en el presente trabajo, en condiciones de laboratorio, se demostró que peces de talla pequeña poseen mayor rendimiento nadando contra corriente frente a peces de mayor tamaño. Asimismo, Lande (1988) mencionó que la fragmentación puede implicar una progenie con menos vitalidad por el fenómeno de depresión endogámica, o un incremento en la mortalidad por una alta homocigosidad de alelos deletéreos, o la inviabilidad de la progenie después de algunas generaciones por altos niveles de endogamia (Lande 1988).

Por lo anterior, Farah (2016) menciona que la conectividad y la calidad del hábitat, así como los impactos genéticos, deben ser considerados para desarrollar medidas efectivas de conservación. De lo contrario, los riesgos de extinción pueden ser subestimados al existir un mal diseño de estrategias de conservación y recuperación, así como diagnósticos erróneos de poblaciones fragmentadas

(Farah 2016, Frankham 2005). En ese sentido, se han sugerido medidas prácticas para enfrentar la fragmentación del hábitat y pérdida de conectividad, que incluyen la remoción de represas o la creación de estructuras que faciliten el paso de los peces en dirección aguas arriba o aguas abajo, ya que una adecuada conectividad en sistemas déndricos, como los ríos en las cuencas, permite la recolonización desde diversos puntos y que las poblaciones tengan una mayor resiliencia (Farah 2016, Fagan 2002).

El presente estudio sirve de base para futuras investigaciones que puedan dilucidar no solo el comportamiento de reotaxis, sino la biología migratoria de especies diádromas. En un medio natural, la capacidad para superar un obstáculo depende de la especie, de su tamaño y condición fisiológica, de la altura e inclinación del obstáculo, de la profundidad de la poza a pie de obstáculo, entre otros aspectos que influyen en la velocidad de impulso del pez y, por tanto, en su capacidad de salto y de migración (Reiser & Peacock 1985). Como recomendación para futuras investigaciones relacionadas o réplicas de la misma, se recomienda el uso de tubería de PVC con un diámetro mayor para hacer comparaciones con tallas de ejemplares más grandes. El sistema utilizado en el presente trabajo no permitió usar tamaños de peces mayores a 15 cm, ya que estas tallas provocaban problemas como el desbordamiento del agua al circular por el mismo. En adición a lo anterior se sugiere añadir al sistema diversas inclinaciones y obstáculos.

Dormitator latifrons se encuentra entre los peces diádromos y anfídromos junto con otras 54 especies de góbidos. Estos organismos desovan en cuerpos de agua dulce, las larvas migran hacia el mar para posteriormente regresar al agua dulce

donde pasarán el resto de su desarrollo (Milton 2009). El comportamiento de reotaxis es presentado por algunas especies de la ictiofauna. La reotaxis es un fenómeno poco estudiado en muchas especies de peces como ha ocurrido con *D. latifrons*. Esta investigación ayudará a futuros estudios relacionados con la especie, principalmente a los que estén involucrados con la ecología y migración de este organismo. También puede aportar información pertinente para atenuar o eliminar los efectos de las barreras antropogénicas con soluciones como los pasos o escaleras para peces elaborados en algunas represas para el paso río arriba. De igual manera, contribuirá a tener mayor conocimiento de este pez nativo y a su popularización como especie con potencial acuícola.

Conclusión

Se confirmó el comportamiento de reotaxis positiva en el pez *D. latifrons*. El sistema de circuito cerrado dejó en claro que existe una diferencia entre las dos tallas puestas a prueba. Los tiempos de fatiga más prolongados se encontraron en los organismos de 5 cm, esta talla presentaron un mayor rendimiento nadando contra corriente.

Agradecimientos

A un revisor anónimo quien realizó valiosos comentarios al presente manuscrito.

Referencias

- Aramburu-Godinez, E., Morcillo Alonso, F., M. Castillo Blanco & A.L. Lara Domínguez. 2014. Research on fish behaviour in a fishway in the Hydraulic Laboratory of the Centre for Hydrographic Studies (CEDEX). Conclusions of the experiment period from 2009 to 2012. Investigación sobre el comportamiento

- de los peces. Ingeniería Civil 173: 33-42.
- Arriaga, L. & J. Martínez-O. 2003. Plan de ordenamiento de la Pesca y Acuicultura del Ecuador, Plan de Ordenamiento de la Pesca y Acuicultura del Ecuador. Disponible en: http://oa.upm.es/14340/2/Documentacion/1_Memoria/PlanOrdenacionPescaEcuador.pdf
- Barrionuevo, R. & R. Marcial. 2006. Ecología trófica de la fauna acuática en el manglar de San Pedro. *Sechura Universal* 11(2): 44-56.
- Bunn, S. E. & A. H. Arthington. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30: 492- 507.
- Chang, B. D. 1984. Tolerances to salinity and air exposure of *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae). *Revista de Biología Tropical* 32(1): 155-157. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/24920/25126>
- Donson, J.J., J. Laroche & F. Lecomte. 2009 Contrasting Evolutionary Pathways of Anadromy in Euteleostean Fishes. *American Fisheries Society Symposium* 69: 63-77
- Fagan, W. F. 2002. Connectivity, fragmentation, and extinction risk in dendritic metapopulations. *Ecology* 83: 3243-3249.
- Farah Pérez, A. 2016. Fragmentación del hábitat por represas hidroeléctricas para la ictiofauna dulceacuícola en Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Frankham, R. 2005. Genetics and extinction. *Biological Conservation* 126: 131-140.4
- Fullerton, A. H., K. M. Bumett & E.A. Steel. 2010. Hydrological connectivity for riverine fish: measurement challenges and research opportunities. *Freshwater Biology* 55: 2215-2237
- Gomez, S. E. & R. A. Ferriz. 2002. Capacidad de natación en *Poecilia reticulata* (pisces Cyprinodontiformes). *Revista del museo argentino de ciencias naturales* 4(2): 181-185
- Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241: 1455- 1459.
- Lucas M. C., Baras, E., Thom, T.J., A. Duncan & O. Slavik. 2001. *Migration freshwater fishes*. Oxford: Blackwell Science, 419 pp
- Milton, D. A. 2009. Living in Two Worlds: Diadromous Fishes, and Factors Affecting Population Connectivity Between Tropical Rivers and Coasts. pp. 325-355 In: *Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems*. Dordrecht: Springer Netherlands. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2406-0_9
- Myers, G. S. 1949. Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes. *Copeia* 1949: 89-97.
- Quirós, R. 1988. Estructuras para asistir a los peces no salmónidos en sus migraciones: América Latina. *COPESCAL Doc. Téc.*, (5): 50 p. Disponible en <http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/008/T0138S/T0138S00.htm>
- Radinger, J. & C. Wolter. 2014. Patterns and predictors of fish dispersal in rivers. *Fish and Fisheries* 15: 456-473.
- Reiser, D.W. & R. T. Peacock. 1985. A technique for assessing upstream fish passage problems at smallscale hydropower developments. Pp 423-432 In: FW Olson, RG White, and RH Hamre, (eds.). *Symposium on small hydropower and fisheries*. American Fisheries Society, Western Division, Bethesda, Maryland.
- Richard, E. & D.I. Contreras Zapata. 2019. Aportes del conocimiento de la ecoetología de los *Trichomyterus* (Actinopterygii, Trichomycteridae) del río Umajalanta, Potosí, Bolivia. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* 2(3): 161-171. Disponible en: <https://doi.org/10.46380/rias.v2i3.63>
- Streeter V.L. 1972. Propiedades de los fluidos y definiciones. Pp.13-37 In: E. Romero (Ed.), *Mecánica de fluidos*. Naucalpan de Juárez, Edo. De México, México.
- Schwarz, L.G. 2007. Freshwater fish seed Resources in Ecuador. Pp. 233-240. In M.G.Bondad-Reantaso (Ed.), *Assessment of freshwater fish seed resources for sustainable aquaculture* (FAO Fisher, p. 628). Rome, FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/pdf/010/a1495e/a1495e11.pdf>
- Tablado, A. & N. Oldani. 1984. Consideraciones generales sobre las migraciones de peces en el río Paraná. *Bol. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 4(3):31-34
- Vieira-Lanero, R., Servia, M. J., Barca, S., Couto, M. T., Rivas, S., J. Sánchez & J. Wiens. 2002. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. *Freshwater Biology* 47(4): 501-515.

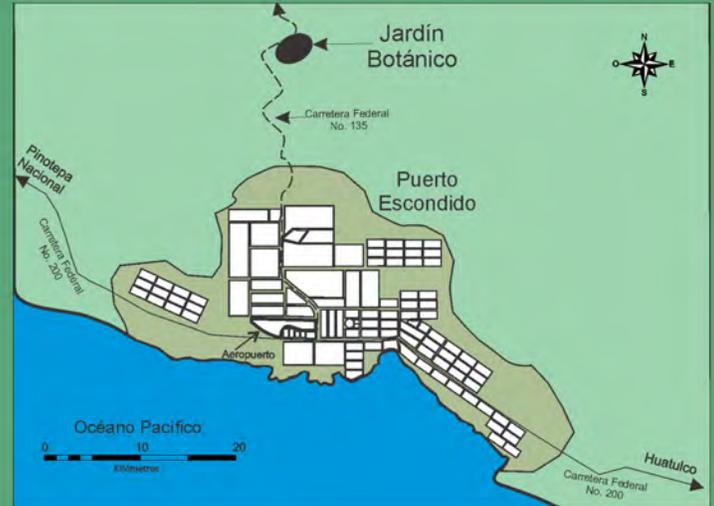
Jardín Botánico

Puerto Escondido



El Jardín Botánico de la Universidad del Mar campus Puerto Escondido se encuentra ubicado en el kilómetro 4.5 de la carretera Puerto Escondido a Sola de Vega y tiene una superficie de 16.7 hectáreas.

El jardín mantiene aproximadamente alrededor de 100 especies de plantas, al igual que algunas especies de animales como onzas, zorras, tlacuaches, zorrillos, armadillos, tuzas, ardillas y más de 90 especies de aves.



Horario:
De Martes a Viernes de 9 a 17 horas
Sábados y Domingos de 9 a 13 horas
Tel: (954) 58 24490 Ext. 0

