

## El Pez Cebrá: una herramienta en educación The Zebrafish: A Tool in Education

María Beatriz Espinosa

Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA-CONICET),  
Facultad de Agronomía (UBA - Av. San Martín 4453, C1417DSE-Ciudad Autónoma de  
Buenos Aires, Argentina).

e-mail: mespinosa@agro.uba.ar

Recibido 01/12/2015 – Aceptado 26/04/2016

### Resumen

El pez cebrá (*Danio rerio*) es un vertebrado de la familia de los ciprínidos, es natural de la India, Bangladesh, Nepal y el norte de Myanmar. Sus características biológicas han promovido que se use como modelo animal en ciencias biomédicas desde los años '90. El pez cebrá está actualmente en expansión como herramienta en educación y cuenta con una revista científica especializada: "Zebrafish" que se publica desde el año 2004. La incorporación y difusión del pez cebrá en educación probablemente tendrá un efecto beneficioso debido a las ventajas de este modelo animal. En este trabajo se presentan algunos hitos con el objetivo de fomentar el conocimiento de este modelo en la educación.

**Palabras claves:** Ciencia, Educación, Pez cebrá.

### Abstract

The zebrafish (*Danio rerio*) is a vertebrate belonging to the Cyprinidae family native to India, Bangladesh, Nepal and northern Myanmar. Its biological characteristics have led to its use as an animal model in biomedical sciences since the 90s'. The zebrafish, which is currently spreading as a tool in education, has a specialized scientific journal: "Zebrafish", which has been published since 2004. The incorporation and dissemination of zebrafish in education is likely to have a beneficial effect because of the advantages of this animal model. This work presents some important milestones in order to promote the knowledge of this model in education.

**Keywords:** Science, Education, Zebrafish.

### Introducción

#### Origen del uso de zebrafish en ciencia.

Hace unos 19 años, durante la segunda mitad del año 1997 el NIH (*National Institutes of Health*: www.nih.gov) comenzó a promover el uso del Pez Cebrá (*Danio rerio*). Esa promoción fue una respuesta institucional a la recomendación de la comunidad

de científicos que quisieron favorecer el uso de *Danio rerio* como organismo biológico y modelo para investigaciones científicas (especialmente las biomédicas). La recomendación para utilizar esta especie en ciencia, se hizo sobre la base de las características biológicas de estos animales.

Es una especie cuyos individuos se desarrollan rápido y las camadas son muy numerosas. Esas dos características son las más deseables en un modelo biológico animal. Que el lapso entre generaciones sea breve y los descendientes numerosos posibilita la realización de estudios poblacionales con un elevado número de individuos. También permite que se analicen características genéticas ya que los tiempos necesarios para la manifestación de la herencia entre una y otra generación es breve.

Para esta especie, en constante expansión como modelo animal, contamos actualmente con numerosas fuentes de datos confiables a las que podemos tener acceso mediante internet. El NIH ha impulsado la iniciativa de utilizar zebrafish mediante la financiación de proyectos que incluyen a *Danio rerio* como modelo animal (Rasooly *et al.*, 2003). El Centro de Recursos Internacional de pez cebrá (ZIRC), ofrece muchísima información valiosa para conocer este recurso (<http://zfin.org/zirc/home/stckctr.php>). También el sitio llamado "The Zebrafish Model Organism Database" <http://zfin.org> es uno de los recursos más importantes a los que se puede acceder mediante la web en forma gratuita.

El pez cebrá junto a la rana africana (*Xenopus sp*) y los gallos (*Gallus sp*) son los modelos de vertebrados no mamíferos más utilizados actualmente en las ciencias biomédicas. Los peces como modelo animal para investigaciones en biomedicina, constituyen una alternativa que se está extendiendo muchísimo.

Zebrafish es un modelo muy utilizado en disciplinas como comportamiento animal, fisiología, toxicología acuática y neurobiología. Zebrafish es una especie diurna a diferencia del ratón (*Mus sp.*) que es un género cuyos animales son de actividad nocturna. Según Qin *et al.* (2014) el hecho de ser de actividad diurna, lo hace muy útil en estudios comportamentales. En toxicología ambiental se utiliza para analizar efectos de sustancias químicas tóxicas. Por ejemplo, han demostrado que los perfluorocarbonos (PFC) que son un grupo de compuestos muy tóxicos que están incluidos en la convención de Estocolmo (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants) pueden inducir apoptosis y ocasionar malformaciones en embriones de zebrafish (Chen *et al.*, 2014).

Es un modelo animal también elegido en educación. *Danio rerio* se ha incorporado a la escena de la ciencia hace poco tiempo y la historia del uso de pez cebrá como herramienta educativa es breve. Los docentes en todo el mundo están desarrollando actividades interesantes utilizando estos peces en los cursos. Los debates, reuniones y talleres sobre el "Pez Cebrá en el Aula" se hacen desde el año 2008. Hay un consenso internacional a favor de la incorporación del pez cebrá para la educación (Hutson & Liang, 2009) con la idea de que tendrá un impacto importante.

Las experiencias directas son muy valiosas y necesarias para ayudar a cambiar la forma en que entendemos el mundo. Impulsar el uso de este modelo incluso para enseñar

el cuidado que se debe tener para con el medio ambiente, podría causar consecuencias muy beneficiosas. Por ejemplo, se pueden realizar experimentos simples para mostrar los efectos nocivos para la salud de las sustancias químicas contaminantes. Mediante el empleo de estos peces y un acuario sencillo, se pueden enseñar una variedad de temas.

Este modelo animal, nos puede facilitar la enseñanza de temas relacionados a la ética y las buenas prácticas que se deben tener en cuenta con los animales. Pueden permitirle al docente observar las conductas de los alumnos en relación a los animales y fomentar aquellas conductas que resulten más apropiadas. El vínculo entre los niños y jóvenes con los animales es un vínculo que tiene muchas virtudes, en especial esta especie porque además permite considerar un modelo que se está empleando en otras partes del mundo.

Los comités institucionales de cuidado animal, formados por docentes, religiosos y científicos, son los encargados de velar por el uso apropiado de los animales tanto para investigación científica como para las actividades de enseñanza y educación. Las antiguas prácticas de vivisección, están totalmente prohibidas en la actualidad. No se puede realizar ni una sola actividad científica o de enseñanza, si el protocolo no es observado por un Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación (CICUAL). En este sentido, el reemplazo de mamíferos (rata, ratón, etc.) por peces, se ajusta a la aplicación de la regla de las *Tres Erres* (Reemplazo, Reducción y Refinamiento).

Es conveniente, antes de comenzar un trabajo con animales, completar un protocolo donde se describa el uso que se le dará a los mismos. Un ejemplo interesante es el mencionado principio de las tres erres, el cual es útil porque ayuda a entender la conveniencia de reducir, reemplazar y refinar todo lo relacionado al uso de animales de laboratorio. Este principio, se puede consultar en el sitio web de ICanadian Council on Animal Care, CCAC; "Three Rs Search Guide" <http://searchguide.ccac.ca/>. El **reemplazo** se refiere a los métodos que evitan el uso de animales en los estudios en los cuales se podrían sustituir completamente por ejemplo con sistemas inanimados y programas de computación que permiten simular situaciones sin comprometer el uso de animales. También hay métodos de reemplazos relativos o parciales. Se recomienda, cuando es posible, utilizar animales que tienen un menor potencial para la percepción del dolor. Es el caso, por ejemplo, del nematodo *Caenorhabditis elegans* un invertebrado modelo desde hace más de 30 años. Las alternativas de **reducción** se refieren a cualquier estrategia que pueda resultar en el uso de menor cantidad de individuos para obtener datos suficientes y responder a las preguntas de la investigación y enseñanza. También se refiere a maximizar la información obtenida por individuo y por consiguiente evitar el uso de animales adicionales. Las alternativas de **refinamiento** están relacionadas al manejo ("husbandry") y procedimientos experimentales que involucran animales y deben minimizar el dolor y el distress.

Es muy importante tener en cuenta el bienestar de los animales utilizados en ciencia y en educación. Fomentar las prácticas de bienestar animal en la escuela, puede ser muy beneficioso para la sociedad en su conjunto ya que nos conecta con nuestros mejores aspectos humanitarios.

## La biología del pez cebra

*Danio rerio* es un vertebrado de la clase Actinopterygii. Son peces de la familia Cyprinidae que habitan en agua dulce y están distribuidos ampliamente por el sudeste asiático (India, Bangladesh, Nepal, Myanmar y Pakistan). Son de tamaño muy pequeño, los adultos miden unos 4,5 a 5 cm de longitud (figura 1).



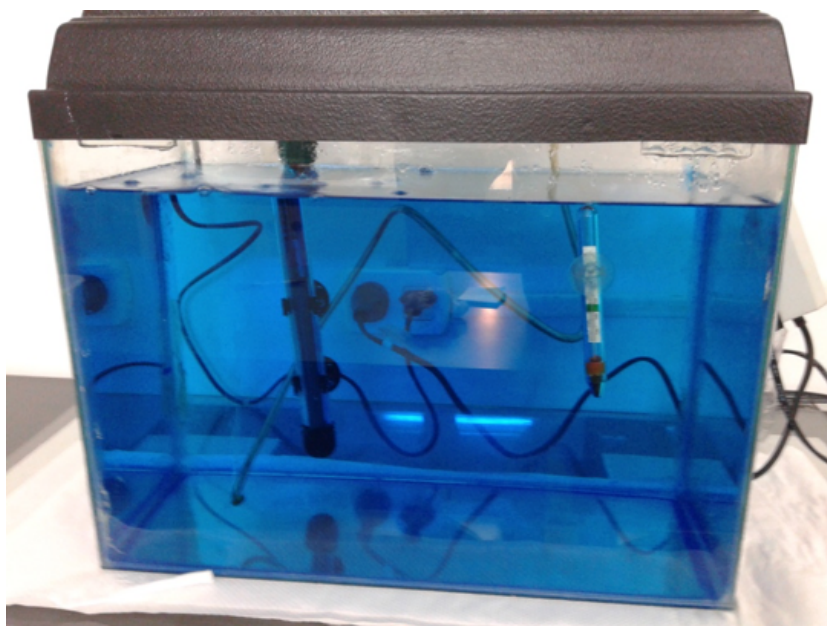
**Figura 1:** hembra adulta de 48 mm de longitud dormida en una solución de tricaina (anestésico para peces) que se ha colocado sobre un papel milimetrado.

Su hábitat natural está compuesto por cuerpos de agua dulce incluyendo arrozales y de una amplia variedad de condiciones ambientales. Se reproducen con facilidad y luego de la fecundación tardan entre 3 y 5 días en convertirse en larvas activas. Alcanzan la madurez sexual, aproximadamente a los tres meses de edad (revisado por Lawrence, 2007). Las características de su desarrollo embrionario están muy bien descritas por Kimmel *et al.*, (1995). Las hembras oviponen un huevo que es semi-transparente y luego de ser fecundados se desarrollan rápidamente. Las hembras adultas pueden proporcionar hasta 400 ovocitos lo cual permite obtener camadas numerosas en pocos días. Los individuos, muy numerosos, se pueden mantener en un acuario sencillo. Las cualidades de la especie *Danio rerio*, lo convierten en un modelo excelente para investigación científica y educación.

### **El pez cebra en la educación actual y algunas experiencias destacadas en la educación de niños y jóvenes de diferentes niveles y edades.**

Estos peces son ideales para estudios de tipo experimental en el aula porque, a diferencia de los anfibios, de los polluelos y los mamíferos, son relativamente fáciles y baratos de mantener. Con un poco de paciencia se podrá observar la oviposición y si hay machos y hembras en el acuario, se tendrá la oportunidad de observar el desarrollo

embrionario. Para estas observaciones alcanza con un equipo simple (una lupa sencilla en el aula). Los animales se pueden mantener en un acuario de bajo costo (figura 2).



**Figura 2:** Acuario sencillo que cuenta con termómetro, calefactor y aireador. El agua se ha tratado con azul de metileno (antiséptico) para prevenir enfermedades de los peces.

Los ejercicios de laboratorio son un estímulo muy importante y beneficioso durante el proceso de aprendizaje los cuales suelen evitarse debido al alto costo que tiene el mantenimiento de una infraestructura compleja. Estos animales proveen un recurso económico, esta especie permite desarrollar temas de genética de vertebrados, de desarrollo embrionario, de comportamiento, de neurobiología, de histología, de aprendizaje y de memoria. Les permite a los estudiantes desarrollar protocolos a través de la colaboración con el profesor y los científicos en campos específicos.

A través de la investigación individual, los estudiantes pueden desarrollar y llevar a cabo sus propios experimentos, pueden formular y contrastar hipótesis, aprender técnicas básicas de laboratorio y microscopía, recopilar y analizar datos, leer literatura científica original y colaborar con científicos destacados.

Las experiencias mencionadas en la bibliografía, muestran que tanto niños como jóvenes (desde los 5 años de edad hasta al menos 18 años) son capaces de plantear y responder hipótesis sencillas como por ejemplo: "*un incremento en el volumen de agua de los tanques de acuicultura, permitiría una mejor producción de embriones*". Los jóvenes son capaces de coordinar la investigación científica y responder preguntas gradualmente más complejas. Estos logros han sido posibles mediante el uso de zebrafish en clase. La importancia en educación de este modelo animal se ha manifestado extensamente en el número 4 del volumen 9 de la revista *Zebrafish*<sup>1</sup>. En ese número de la revista, dedicado especialmente al rol de zebrafish en educación, utilizaron para la tapa, una ilustración

1 ISSN: 1545-8547 y Online ISSN: 1557-8542.

realizada por un niño<sup>2</sup>. Fue la obra del estudiante Neesha Basnyat y su maestro Michael Gobin (Rochester, Minnesota, USA), valorando al mismo tiempo, la importancia del arte para la educación científica.

Para reforzar las ideas expuestas digamos que el pez cebra como modelo en ciencias biomédicas, se utiliza en la Universidad de Harvard (<http://www.harvard.edu/>). Algunos autores lo utilizan como un sistema modelo, porque la visualización de características genéticas y del desarrollo se pueden ilustrar con imágenes muy atractivas visualmente. Esto permite estudiar comportamientos complejos y procesos de desarrollo en un vertebrado (Emran *et al.*, 2009).

En 1997, se comenzó a promover el uso de zebrafish como organismo modelo. Desde entonces los avances han sido importantísimos y continuos. Este es un modelo animal que está en pleno auge y expansión y su genoma se está conociendo en detalle. Hay un interés constante en la promoción de zebrafish como modelo experimental.

También se llevan a cabo eventos como congresos, talleres y workshops que se organizan incluyendo diversos aspectos de la biología de *Danio rerio* (muchos realizados durante el año 2015 y 2016). Por ejemplo: el 7º Taller de Zebrafish de Australia y Nueva Zelanda (realizados el 2 y 3 febrero en la Universidad de Queensland-St Lucia Campus, Australia). Luego, la 16º Reunión Australiana y de Nueva Zelanda sobre zebrafish ( "16th Australia and New Zealand Zebrafish meeting" ) que se realiza desde el año 2000 y cuenta con numerosos aportes empresarios como por ejemplo, una empresa, que en su promoción dice: ...*"We like zebrafish and the promise they hold for neuroscience research. That's one of the reasons why Noldus is a sponsor of the 16th Australia and New Zealand Zebrafish meeting that will take place next week at Queensland's Gold Coast". También el "Zebrafish Husbandry Workshop"* en un congreso internacional como el "Aquaculture America" (New Orleans, USA) realizado en febrero del 2015.

Es decir que el interés en la promoción de este modelo animal es internacional y está bien establecida como se ve el volumen 12, Nº 1 de *Zebrafish* que se ha publicado en el 2015 (<http://online.liebertpub.com/toc/zeb/12/1>). Se han iniciado también seminarios vía internet por videoconferencias en los cuales intervienen importantes especialistas de varias universidades, para tratar temas sobre el buen uso de zebrafish y otras especies acuáticas (se han programado tres video conferencias durante el año 2015). Asimismo, en el I Congreso Ibérico de Ciencias del Animal de Laboratorio (XIII Congreso SECAL – III Congreso SPCAL) desarrollado en España durante el mes de noviembre, se reserva un lugar para los peces. En estas reuniones científicas, se promueve el debate sobre las mejores prácticas de cría de estos peces y se propone cuestionar y ampliar los límites de los modos de manejo de los animales con el fin de continuar mejorando las prácticas actuales.

La mejora en las prácticas y cuidados de los animales, se refleja por ejemplo en un artículo publicado recientemente por McMillan *et al.* (2015). La autora ha descrito un modo

---

2 <http://online.liebertpub.com/na101/home/literatum/publisher/mal/journals/content/zeb/2012/zeb.2012.9.issue-4/zeb.2012.9.issue-4/20121217-01/zeb.2012.9.issue-4.largecover.jpg>

sencillo de determinar el sexo de los peces mediante la observación de las aletas pectorales porque son levemente distintas entre machos y hembras. De esta forma, es posible realizar apareamientos entre los animales generando menos *stress* que el provocado por el sexado tradicional.

### **Importancia y función de los Comités de Ética.**

Es de gran importancia la existencia de comités de ética porque es el encargado de velar por el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio. Los miembros del comité se deben ocupar del cumplimiento de las normas que hacen al buen uso de los animales de laboratorio. Están formados por al menos tres integrantes: un profesional representante de la institución, un religioso y un lego. Los trabajos que emplean animales deben respetar un protocolo experimental diseñado para educación o investigación el cual debe ser evaluado y aprobado por un comité institucional de ética. Un ejemplo de la importancia de la función cumplida por comités de ética, es la discusión acerca del uso de anestésicos y analgésicos para la manipulación de la especie. Zebrafish además brinda la oportunidad de hacer estudios comportamentales como por ejemplo el trabajo en el cual se analiza la relación entre el género y las preferencias en la calidad del ambiente, hembras y machos tienden a hacer una elección diferente del ambiente (Schroeder *et al.*, 2014).

### **Observaciones Finales**

Durante el año 2016 zebrafish, continuará incluido en toxicología ambiental como por ejemplo en la sesión: "Fish model species in environmental toxicology": Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Session (Nantes, Francia del 22 al 26 de mayo del 2016). Los congresos y reuniones científicas donde se propone la necesidad de continuar compartiendo conocimientos y colaborar dentro de la comunidad son muy difundidos porque hay que tener en cuenta que una población educada adecuadamente, es necesaria para el éxito social y económico. Los especialistas en pez cebra y educación, cuentan con investigadores, profesores, administradores y estudiantes que se unen a esta propuesta. Si continuamos con los esfuerzos para ampliar y difundir el tema, más allá de la comunidad existente, se podrá contribuir a mejorar la educación y establecer una diferencia para los jóvenes educandos.

### **Referencias bibliográficas**

- Chen, J.; Tanguay, R.L.; Tal, T.L.; Bai, C.; Tilton, S.C.; Jin, D. y Dong, Q. (2014). Early life perfluorooctanesulphonic acid (PFOS) exposure impairs zebrafish organogenesis. *Aquatic Toxicology* (Amsterdam, Netherlands), 150: 124–132.
- Emran, F.; Brooks, J.M.; Zimmerman, S.R.; Johnson, S.L. y Lue, R.A. (2009). Zebrafish embryology and cartilage staining protocols for high school students. *Zebrafish*, 6(2): 139-43.
- Hutson L.D., y Liang J.O. (2009). Making an impact: zebrafish in education. *Zebrafish*, 6(2): 119-20.

- Kimmel, C.B.; Ballard, W.W.; Kimmel, S.R.; Ullmann, B. y Schilling, T.F. (1995). Stages of embryonic development of the zebrafish. *Developmental Dynamics*, 203: 253–310.
- Lawrence, C. (2007). The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): A review. *Aquaculture*, 269: 1–20.
- McMillan, S.C.; Géraudie, J. y Akimenko M-A. (2015). Pectoral Fin Breeding Tubercle Clusters: A Method to Determine Zebrafish Sex. *Zebrafish* 12(1): 121-123.
- Qin, M.; Wong, A.; Seguin, D. y Gerlai, R. (2014). Induction of Social Behavior in Zebrafish: Live Versus Computer Animated Fish as Stimuli. *Zebrafish*, 11(3): 185-197.
- Rasooly, R.S.; Henken, D.; Freeman, N.; Tompkins, L.; Badman, D.; Briggs, J. y Hewitt, A.T. (2003). Genetic and genomic tools for zebrafish research: The NIH zebrafish initiative. *Developmental Dynamics*, 228: 490–496.
- Schroeder, P.; Jones, S.; Young, I.S. y Sneddon, L.U. (2014). What do zebrafish want? Impact of social grouping, dominance and gender on preference for enrichment. *Laboratory Animals*, 48 (4): 328-337.

### Otros Recursos

Para trabajar con zebrafish se puede acudir a una gran cantidad de recursos disponibles en internet. Los más importantes son: Zebrafish Husbandry Association: ZHA ([www.zhaonline.org](http://www.zhaonline.org)) y The Zebrafish Model Organism Database ([www.zfin.org](http://www.zfin.org)).