



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Reproducción e hibridación de peces transgénicos fluorescentes en cautiverio: un alcance prospectivo

Breeding and reproduction of transgenic fish fluorescent in captivity: a prospective scope

Carlos Scotto Espinoza

Laboratorio de Mejora Genética y Reproducción Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal. Jirón Río Chepén s/n. El Agustino. Lima. Perú.

Recibido 08 enero 2012; aceptado 02 marzo 2012

Resumen

La introducción, reproducción e hibridación de peces transgénicos fluorescentes dentro del territorio peruano se ha venido dando desde el año 2006 como queda demostrado en los ensayos de laboratorio reportados en el éste artículo. Se ha pronunciado para el Perú la Ley No. 29811 que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, a ser liberados en el ambiente. El artículo pone de manifiesto la existencia de OVM's acuáticos que están siendo reproducidos comercialmente por acuaristas y/o acuicultores ornamentales sin control alguno y potencialmente podrían ser liberados al medioambiente. Sin embargo, los resultados preliminares obtenidos podrían por otro lado dar inicio a un primer análisis y gestión de riesgos a nivel laboratorial y/o en condiciones controladas con éstos organismos acuáticos (caso pez Cebra) que pudieran dar las bases futuras para la toma de decisiones pertinentes ante la introducción organismos transgénicos para cualquier objetivo científico, comercial, medioambiental u otro de interés nacional aun no vislumbrado.

Palabras clave: Fluorescencia, reproducción, hibridación, transgénico, pez Cebra.

Abstract

The introduction, breeding and hybridization of fluorescent transgenic fish in Peruvian territory has been going since 2006 as demonstrated in laboratory tests reported in this article. He has spoken to Peru Law No. 29811 establishing the moratorium on the production of income and living modified organisms into the country for a period of 10 years for cultivation or breeding, including water, to be released into the environment. The paper shows the existence of aquatic LMOs that are being propagated commercially by aquarists and / or ornamental fish farmers out of control and could potentially be released into the environment. However, preliminary results on the other side could initiate a first analysis and risk management at the laboratory and / or under controlled conditions with these organisms (zebra fish case) that could provide the basis for future decision making relevant to the introduction of GMOs for any scientific purpose, commercial, environmental or other national interest not yet glimpsed.

Keywords: Fluorescence, reproduction, hybridization, transgenic, Zebrafish.

¿Cómo se introdujeron los peces transgénicos en el Perú?

En el año 2003, la revista americana "Time" eligió como uno de los mejores inventos la creación de "peces brillantes

fluorescentes" a cargo de la Universidad Nacional de Taiwán por haber inyectado genes que producen proteínas fluorescentes de medusa abisal y de coral en óvulos fertilizados, primero en el pez Medaka

* Autor para correspondencia

Email: carlosscotto@yahoo.com (C. Scotto)

(*Oryzias latipes*) que fueron denominados TK-1. Y luego hizo lo mismo con el pez Cebra (*Danio rerio*) o TK-2. De esta forma inicialmente se obtuvo peces que emitían colores verde (GFP) y rojo (RFP) en la oscuridad con éstos genes produciendo proteínas fluorescentes en sus músculos unido al gen *myl2* (Wan *et al.*, 2002; Gong *et al.*, 2001, 2003). Si hoy se da una mirada al portal de de la empresa taiwanesa. Se puede observar que la empresa ofrece colores como el amarillo, el púrpura y otros más (Figura 1).

Según la empresa Taikong para evitar el aumento de indeseado de éstos peces y que pudiera dañar el medio ambiente o cruzarse con peces de su misma especie pero normales, los peces manipulados genéticamente son “esterilizados” antes de ser vendidos. En todo caso nunca debería haber crías o alevines de los mismos nadando en algún acuario o Pet Shop. Sin embargo, esta regla parece no ser del todo cierta. En el año 2006, el laboratorio de Mejora Genética y Reproducción Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad Nacional Federico Villarreal obtuvo un lote de aproximadamente 100 peces Cebra de

color rojo los cuales mantuvo bajo condiciones controladas para realizar ensayos experimentales con sustancias genotóxicas.

Con el tiempo se pudo constatar que estos peces tenían una coloración distinta a las líneas que nuestro laboratorio trabajaba (Blanca y Gris). Esta coloración resultaba ser ligeramente fluorescente a la luz del día. Por lo que se decidió hacer ensayos con luces de espectro cercanos al Ultravioleta (400 nm) como ya habían reportado otros investigadores (Amsterdam *et al.*, 1995). Se comprobó que en la oscuridad absoluta la coloración de los mismos era de una fluorescencia rojiza intensa. No había duda que se estaba ante el “primer movimiento transfronterizo” de peces transgénicos introducidos al país. Al consultarse las referencias bibliográficas respectivas se corroboró que el lote en cuestión eran peces Cebra fluorescente tipo TK2 o pez con florescencia roja (Figura 2). Quizás este fue el motivo por el cual se sospechó inicialmente que eran transgénicos, porque la literatura en ese entonces reportaba coloración verde o TK1 y no roja u otro tipo de color (Tabla 1).

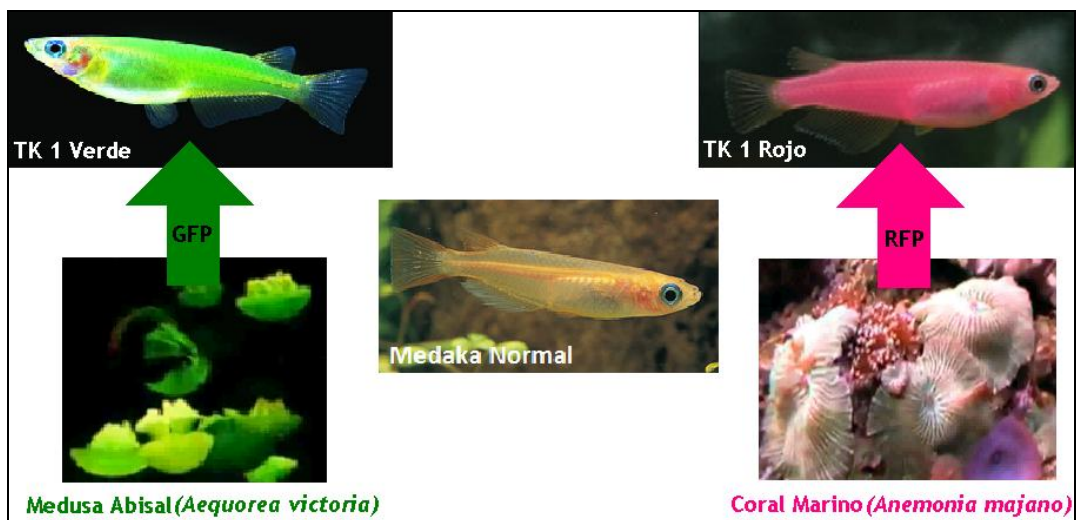


Figura 1. Introducción de genes fluorescentes en peces Medaka o TK1 (Fotografías tomadas de Taiwan Review, 2006).



Figura 2. Lote de peces Cebra transgénicos fluorescentes.

Tabla 1

Comparaciones de las cuatro líneas de peces Cebra fluorescentes encontrados los acuarios distribuidos en diferentes partes del territorio peruano.

Tipo de Fluorescencia	Líneas de pez Cebra fluorescentes transgénicos			
	Verde	Roja	Rosada	Naranja
Se reproducen en cautiverio	Sí	Sí	Sí	NC
Tasa de sobrevivencia de las crías (%)	12	13	10	SD
Hibridación con Cebra No Transgénico	NC	Sí	NC	NC

NC: No comprobado
SD: Sin datos

¿Se reproducen los peces transgénicos?

Sin embargo, grande fue la sorpresa cuando este grupo de animales empezaron a reproducirse espontáneamente. Y más aún, cuando los huevos colectados comenzaron a brillar con la misma fluorescencia que la de los progenitores a las 24 horas después de la fecundación (Figura 3).

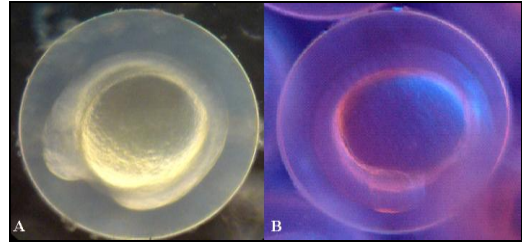


Figura 3. Comparación de embriones silvestres (A) versus embriones TK-2 (B) con luz ultravioleta.

¿Los peces transgénicos fluorescentes transmiten el rasgo a su progenie?

Los resultados demostraron que inclusive la coloración fluorescente se transmitía a todos los peces que lograron crecer hasta obtener un tamaño adulto a los 4 meses de nacidos (Figura 4).

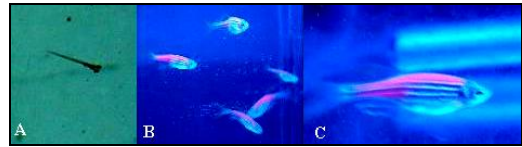


Figura 4. Peces transgénicos TK-2 reproducidos en cautiverio en el Laboratorio de Mejora Genética y Reproducción Animal de la UNFV. Edades de la progenie: (A) 2 semanas; (B) 2 meses; (C) 4 meses.

¿Pueden los peces transgénicos fluorescentes cruzarse con peces no transgénicos y transmitir el rasgo a su progenie?

En la Figura 5 se ve el resultado de cruzar un pez Cebra transgénico rojo macho (TK-2) con un pez no transgénico de color blanco hembra. Todas las crías F1 obtenidas de esta hibridación emitieron fluorescencia con luz ultravioleta.



Figura 5. Cruzamiento de peces Cebra transgénicos rojos (TK-2) machos con peces cebra no transgénicos hembras. (A) Apareamiento. (B) Cría híbrida F1 de 1 mes (C) Cría F1 de 4 meses emitiendo Fluorescencia roja con luz ultravioleta o de baja frecuencia.

¿Por qué se reproducen éstos peces transgénicos si se supone que son estériles?

Este resultado rompe todos los preceptos sobre la bioseguridad de éstos organismos y alerta sobre otras posibles introducciones de peces no necesariamente ornamentales y de reproducción más agresiva como son la tilapia y la trucha que ya pueblan ambientes naturales peruanos. Incluso con otros transgenes como el de la hormona de crecimiento, genes termotolerantes o halofílicos (estrés salino) y otros.

Una posible respuesta del porque se reproducen a pesar que la literatura revisada dice lo contrario. Pueda deberse a dos causas. Una de ellas sea, que a pesar de lo poderosa que sea una tecnología inventada por el hombre se pase por alto el hecho de que la “*vida por sí misma se abrirá camino*” para propagarse y diseminarse en un ambiente determinado. Punto crítico pasado por alto y sobre todo con los peces, organismos que han demostrado que no puede tratarse como si fueran mamíferos (vertebrados superiores) y que son capaces de soportar artificialmente técnicas como la poliploidia o la reversión sexual y aún así tener versatilidad reproductiva, particularidades que los mamíferos no pueden.

La otra explicación sea el hecho de que los inventores del proceso de esterilización no hayan tomado en cuenta que el pez Cebra no posee cromosomas sexuales definidos (X e Y) y que sus genes sexuales estén diseminados por todo su genoma, dándole más versatilidad reproductiva ante alternativas de esterilización artificial con químicos o radiación. Aún hoy en día, se desconoce ¿*Qué genes intervienen y cómo funcionan a cabalidad no sólo en éste pez sino en muchos peces de interés comercial?* Esto estaría permitiendo que éstos animales “*se reproduzcan sin control*” a pesar que sus inventores digan todo lo contrario.

¿Existen otros tipos de peces Cebra transgénicos TK-2 introducidos en el Perú?

La respuesta es sí. Se han podido encontrar peces Cebra fluorescentes de otros colores como fueron el de color verde, el rosado y el naranja (Figura 6).



Figura 6. Otros tipos de peces Cebra transgénicos encontrados (A) Color verde. (B) Color rosado. (C) Color naranja.

¿Existen otros tipos de peces transgénicos ornamentales con genes de fluorescencia?

A finales del año 2008 la Universidad Nacional de Singapur obtuvo el primer pez ornamental amazónico llamado Tetra blanco o gris o vulgarmente conocido como “*Monjita*” (*Gymnocorymbus ternetzi*) (Figura 7). Los investigadores a cargo del Dr. Zhihuan Gong mencionan en su artículo científico que se encuentran perfeccionando la técnica para lograr la fluorescencia total de éste y de otros peces ornamentales (Pan, Zhan & Gong; 2008).



Figura 7. Comparación de Peces Tetra. (A) Tetra gris no transgénico. (B) Tetra blanco no transgénico. (C) Tetra blanco transgénico con RFP. Tomado de Pan, Zhan & Gong (2008).

Hoy en día, si nos paseamos por algunos acuarios de la ciudad de Lima podemos observar muchos de éstos peces fluorescentes a un precio de S/. 2 ½ (casi 1 USD). Si observamos con detalle nos daremos cuenta que muchos de ellos poseen diferentes tamaños incluso algunos son casi alevines... “*Los están reproduciendo y con mucho éxito*”.



Figura 8. Peces transgénicos fluorescentes en el Mercado Central de la ciudad de Lima.

Conclusiones

Se comprobó la existencia de peces Cebra fluorescentes transgénicos (OVM's) que reaccionan ante la luz ultravioleta en los acuarios comerciales de Lima Metropolitana. Además, se han logrado reproducir los OVM's en condiciones laborales no siendo estériles y se procrean de la misma forma que los peces no transgénicos pero con una tasa de sobrevivencia de las crías del 10 al 13%. Los peces transgénicos fluorescente se hibridizan con los peces no transgénicos y además, transmiten el carácter o rasgo transgénico (*Fluorescencia*) de forma dominante a toda la progenie o F1 en un 100% pero variando la expresividad de la misma aún entre miembros de la misma progenie o camada.

Referencias Bibliográficas

- Amsterdam, A.; Lin, S.; Hopkins, N. 1995. The *Aequorea Victoria* green fluorescent protein can be used as a reporter in live zebrafish embryos. *Developmental Biology* 171: 123-129.
- Chung, Oscar. 2006. Biotechnology: Nightlights for the Aquarium. *Taiwan Review*. April: 40-45.
- Gong, Z.; Ju, B.; Wan, H. 2001. Green fluorescent protein (GFP) transgenic fish and their applications. *Genetica* 111: 213-225.
- Gong, Z.; Wan, H.; Leng, Tay.; Wang, H.; Chen, M.; Yan, T. 2003. Development of transgenic fish for ornamental and bioreactor by strong expression of fluorescent proteins in the skeletal muscle. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 308: 58-63.
- Pan, X.; Zhan, H.; Gong, Z. 2008. Ornamental Expression of Red Fluorescent Protein in Transgenic Founders of White Skirt Tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*). *Mar Biotechnol* 10: 497-501.
- Wan, H.; He, J.; Ju, B.; Yan, T.; Lam, T.; Gong, Z. 2002. Generation of Two-color Transgenic Zebrafish Using the Green and Red Fluorescent Protein Reporter Genes GFP and RFP. *Mar. Biotechnol.* 4: 146-154.