



COMENTARIO / COMMENTARY

PECES TRANSGÉNICOS FLUORESCENTES EN EL PERÚ:
BIOSEGURIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGOS PENDIENTESFLUORESCENT TRANSGENIC FISH IN PERU:
BIOSAFETY AND RISK ANALYSIS PENDINGCarlos Scotto¹

¹Laboratorio de Mejora Genética y Reproducción Animal.
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal.
Jirón Río Chepén. El Agustino. Lima, Perú. Correo Electrónico: carlosscotto@yahoo.com

ABSTRACT

The Biologist (Lima) 8: 235-243.

Transgenesis involves processes of molecular genetic manipulation of DNA which seeks to "introduce genes" of interest from one organism into the genetic material of another to obtain goods or services. The resulting organism is called a Genetically Modified Organism or GMO. It shows the first case of transgenic fluorescent fish as a real example of GMOs existing in Peru. Reproduction and hybridization in confined environments, provide new approaches to biosecurity decision-makers about this new technological contribution to the task of Peru.

RESUMEN**Key words:** bioluminescence, biosafety, GMO, transgenic.

La transgénesis involucra procesos de manipulación genética a nivel molecular del ADN, la cual busca "introducir genes" de interés de un organismo en el material genético de otro para obtener bienes o servicios. El organismo resultante es denominado Organismo Genéticamente Modificado u OGM. Se muestra un primer caso de peces fluorescentes transgénicos como un ejemplo real existente de OGM en el Perú. Su reproducción e hibridación en ambientes confinados, proporciona nuevos enfoques de bioseguridad para los tomadores de decisiones sobre este nuevo aporte tecnológico para el quehacer peruano.

Palabras clave: bioluminiscencia, bioseguridad, OGM, transgénico.**INTRODUCCIÓN**

El 07 de Mayo de 1999 se promulgó en el Perú, la Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología (Ley 27104), la cual tiene entre sus finalidades generales "proteger la salud humana, el ambiente y la diversidad biológica". Su reglamento está vigente desde el 28 de enero del 2003 para todo el territorio peruano. La normatividad de la presente ley en su Artículo 3, establece las normas generales aplicables a las actividades de investigación, producción, introducción, manipulación, transporte, almacenamiento, conservación,

intercambio, comercialización, uso confinado y liberación con OVM (Organismos Vivos modificados), bajo condiciones controladas (Ley 27104, Diario Oficial El Peruano. Mayo de 1999). Sin embargo, a finales del Gobierno del Presidente Peruano Alejandro Toledo, se planteó el Proyecto de Ley N° 12033 o ley de la promoción de la biotecnología moderna en el Perú y el Plan de biotecnología e Ingeniería Genética que norman y promueven el uso de la biotecnología moderna a través de la investigación científica y el desarrollo e innovación biotecnológica, con el fin de incrementar la competitividad, el desarrollo económico y el bienestar de la población en

armonía con la salud humana y con la preservación del medio ambiente (Proyecto de Ley N° 12033 Ley de Promoción de la Biotecnología Moderna). Actualmente estas propuestas de ley están siendo actualizadas, adecuadas, modernizadas y muchas veces lamentablemente sujetas a los vaivenes políticos que poco han aportado al tema crucial para el país. Principalmente en lo referente a Bioseguridad Ambiental y Sanitaria, debido a que algunos sectores nacionales se oponen al desarrollo del mismo en nuestro país, puesto que perciben que la producción de transgénicos, atentaría contra la biodiversidad por el potencial riesgo de flujo genético no controlado entre las variedades transgénicas con las variedades nativas de la misma o de diferentes especies y que afectarían al Perú como “Centro de origen” o de “Diversidad Biológica”. Parece ser que parte de la percepción pública nacional de la importancia de la transgénesis para el desarrollo y bienestar nacional, no cuenta aún con el respaldo unánime que haga viable totalmente su aplicación. Se habla incluso de una “moratoria nacional de no menos de cinco años” que solamente llevaría a un retraso tecnológico y a una ilegalidad de los cultivos genéticamente modificados en el Perú, como ya ocurrió en México (11 años de moratoria). Además, está el hecho evidente de que sin ir muy lejos, cuatro países limítrofes con el Perú como son: Brasil (soya, maíz y algodón), Bolivia (soya), Chile (maíz, soya y colza) y Colombia (algodón) ya poseen OGM’s (Organismos Genéticamente Modificados) en su territorio, pero regularizados gubernamentalmente. Los que están a favor de la introducción de OGM’s al Perú indican que bajo medidas de bioseguridad apropiadas y con un análisis de riesgo, permitiría proporcionar al país de herramientas biotecnológicas dirigidas a incrementar los rendimientos, mejorar la producción y coadyuvar a la seguridad alimentaria y mejorar la competitividad del sector agrícola, ganadero y pesquero (AGROFORUM 2010).

¿Existe en el Perú organismos transgénicos o productos derivados de ellos?

La introducción de organismos transgénicos y sus derivados al Perú no debe sorprender a nadie, pues ya están aquí desde hace años. Así, el día 19 de Noviembre del 2006, el Diario peruano “El Comercio” publicó un artículo a página completa sobre una denuncia pública que confirmaba que en el Perú se comercializa alimentos envasados y otros procesados con organismos genéticamente modificados o transgénicos. Alimentos como la salchicha, aceite de maíz y harina de soya se habrían confirmado que serían productos derivados de organismos genéticamente modificados. Los transgénicos y muchos productos son utilizados desde hace casi 15 años en todo el mundo. Están en el alimento balanceado con que se alimenta a las vacas que producen la leche, queso y yogurt para consumo humano (Davelouis 2008). Así por ejemplo, están en la soya de la que se obtiene aceite como biocombustible y se fabrica la mal denominada “Leche de Soya”, porque en verdad debería decirse: “Jugo de Soya”, porque es un producto vegetal, no animal. Desde el nombre ya se empieza a errar términos. Esta soya que se vende en el Perú como “Leche natural” es hecha de soya transgénica –casi el 77% de la soya producida mundialmente es transgénica con casi noventa millones de has que se destinan a su siembra- tan saludable e inocua para la salud humana que no se ha recibido según algunos autores ningún reporte adverso científicamente probado (James 2009). Es más, no contiene “lactosa” que si lo posee la leche de vaca y que es la causa principal del por qué la mayoría de los peruanos al ser intolerantes a la leche no la consumimos mucho. Lo mismo pasa con productos de uso biomédico como la “Insulina” para tratar la diabetes cada vez más creciente en el Perú con más de un mill de personas con diabetes. Esta cifra es el 6% según el diario La República del 20 de Noviembre del 2010 de la población peruana y va en aumento (Diario La República, 2010). Si uno lee con cuidado el envase dice:

“ADN recombinante” o en otras palabras producido por una bacteria transgénica con el gen de insulina humana u OGM. Este es un segundo ejemplo de un producto transgénico en el país.

Algunos organismos gubernamentales e investigadores no han reparado que muchos productos transgénicos ya están en el Perú desde hace mucho tiempo consumidos o utilizados médicamente.

¿Por qué tanta controversia con los organismos transgénicos?

Quizás uno de los aspectos más controversiales de la producción o importación de plantas o animales transgénicos al Perú es su reproducción descontrolada. ¿Puede un organismo transgénico reproducirse? El CIP (Centro Internacional de la papa) anunció en el 2002 la producción de una papa transgénica desarrollada específicamente para resistir el ataque de la polilla de la papa, una de las más graves plagas de insectos que ataca al cultivo alrededor del mundo. El CIP ha asegurado que no existiría ningún peligro debido a que la variedad de papa producida tendría polen totalmente estéril. Sin embargo, algunos expertos aseguran que la parte femenina de la misma no es estéril y que podrían producirse híbridos con las variedades nativas poniendo en peligro la biodiversidad de los cultivos (Anderson 2007). En el caso de peces fluorescentes producidos por la introducción de genes de medusas de las profundidades o corales, las empresas aseguran libremente que estos peces son estériles. Sin embargo, esto no es cierto, puesto que se ha probado en el laboratorio que si se reproducen y más aún se hibridizan con las variedades naturales o no transgénicas. La proyección futura es aún más incierta con la introducción o producción de otros peces transgénicos más comerciales como son la Tilapia (*Oreochromis* sp. Linnaeus, 1758) o la Trucha (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) tan difundidos en el Perú. Y además, con la introducción de otros

genes como el de la hormona de crecimiento o genes de resistencia al frío, la salinidad u enfermedades. Las nuevas leyes deberán contemplar con “*más detalle*”, caso por caso sobre este aspecto a la hora de ser revisadas y/o promulgadas, permitiendo su uso benéfico de los mismos y no solo prohibiéndolo sin más recurso ni análisis que la protección ambiental o humana. Nadie puede asegurar que a futuro no se tenga que recurrir a la transgénesis para beneficiar a la humanidad o tal vez salvarla a como va el deterioro del medio ambiente mundial y el crecimiento poblacional (30% más de personas para el año 2040-50 según la FAO Food and Agriculture Organization) (BIDOC 2010).

Un mundo bioluminiscente

Cuando James Cameron estrenó su película “Avatar” en el año 2009 no sólo introdujo al público a la era 3D de la filmografía sino que nos mostró el placer sensorial inolvidable de un mundo con fluorescencia nocturna con fauna y flora incluida. Fue un prodigio técnico incuestionable (AVATAR 2009). Pero sobretodo, nos mostró como se verían los seres vivos con espectros de luz invisibles para nuestros ojos. Sentando sublimemente en el “inconsciente colectivo” de cómo sería un mundo con “*organismos vivos fluorescentes*” (Fig. 1). En el año 2008, los investigadores Osamu Shimomura del Japón, Martin Chalfie y Roger Tsien de los Estados Unidos recibieron el premio Nobel en Química por descubrir e investigar a la Proteína fluorescente de color verde (GFP), una herramienta clave de la biología molecular. La proteína verde fluorescente (conocida como GFP, siglas en inglés que significan *Green fluorescent protein*), fue descubierta en los años 60 por Osamu Shimomura, mientras estudiaba a la medusa abisal *Aequorea victoria* (Murbach et Shearer, 1902). Si se la ilumina con luz ultravioleta, esta proteína puede emitir una tonalidad verde fluorescente muy brillante, permitiendo la visualización de aquellas células en las que se encuentre. Martin Chalfie,

aisló el gen que codifica a la proteína GFP, para generar proteínas quimeras que la tuvieran fusionada a modo de “etiqueta”, a fin de estudiar su localización dentro de las células de un gusano modelo de la biología llamado *Caenorhabditis elegans* (Maupas, 1900), convirtiendo a la GFP en una herramienta clave de la biología molecular. También integró el grupo de galardonados Roger Tsien, quien cartografió el grupo químico que absorbe y emite luz, y luego lo modificó para que lo hiciera con luz de otras longitudes de onda. Así, hoy los investigadores disponen de nuevas variantes de la proteína que brillan en diferentes colores. “Cuando los científicos obtienen métodos que los ayudan a ver cosas que eran invisibles” -afirmó la Academia de Ciencias Sueca, la investigación da un gran paso. Las aplicaciones son absolutamente innumerables. Pero, además, tiene una propiedad increíblemente bella, que es la de “emitir luz”. “Es una reacción bioquímica muy hermosa, muy característica y muy rara” (CIENCIA & TECNOLOGÍA, 2008).

Registro del primer caso de reproducción en cautiverio de peces transgénicos en el Perú

A inicios del año 2006, el laboratorio de Mejora Genética y Reproducción Animal de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú, empezó a trabajar con una supuesta “nueva línea” del pez Cebra (*Danio rerio* Hamilton-Buchanan, 1822) utilizado para fines de investigación científica.

Sin embargo, con el tiempo se comprobó que estos peces tenían una coloración distinta a las líneas que el laboratorio trabajaba.

Esta coloración resultaba ser ligeramente fluorescente a la luz del día. Por lo que se decidió hacer ensayos con luces de espectro cercanos al UV. En la oscuridad absoluta la coloración de los mismos era de una fluorescencia rojiza intensa (Fig. 2). No había duda se estaba ante el primer movimiento transfronterizo de peces transgénicos introducidos al país. Al consultar las referencias bibliográficas respectivas comprobamos que eran peces Cebra fluorescentes tipo TK2 o pez con fluorescencia roja por introducción de un gen de fluorescencia de medusa marina.

¿Se reproducen los peces transgénicos?

Los creadores de éstos peces fluorescentes dicen que no se reproducen y existe un sin número de bibliografía escrita que avalan lo mencionado (AZOO 2010). Se evaluó esta premisa, cruzando peces transgénicos entre sí. Los resultados demostraron por un lado que sí se reproducían en cautiverio e inclusive la coloración se transmitía a los embriones recién puestos (Fig. 3).

¿Se pueden hibridizar los peces transgénicos con otros peces no transgénicos?

Un tercer aspecto después de la detección y reproducción positiva de peces transgénicos



Figura 1. (A) El planeta Pandora bioluminiscente de la película Avatar (Tomado de: <http://www.avatarmovie.com/>). (B) Hongos fluorescentes terrestres. (C) Pez *Corydora* amazónico con fluorescencia natural (Tomado de: [Aquariumpaex 2010](http://www.aquariumpaex.com/)).



Figura 2. Peces Cebras (*Danio rerio*) transgénicos fluorescentes detectados en el Perú en el año 2006 (Foto del autor).

fluorescentes fue comprobar si estos peces se podrían hibridizar con peces silvestres no transgénicos. Los resultados demostraron que sí se podían hibridizar transmitiendo el rasgo fluorescente a su progenie (Fig. 4).

¿Existen otros peces transgénicos fluorescentes?

La “Fluoromanía” ha continuado. Así, en el año 2008 la Universidad Nacional de Singapur obtuvo el primer pez ornamental amazónico conocido como “Monjita” (*Gymnocorymbus ternetzi* Boulenger, 1895) (Pan *et al.* 2008). En el presente año 2010, la Universidad de Taiwan ha obtenido dos cíclidos fluorescentes: *Amatitlania nigrofasciata* (Günther, 1867) y el Pez Ángel (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823) (Fig. 5).



Figura 3. Embriones de peces transgénicos fluorescentes reproducidos en el Perú.

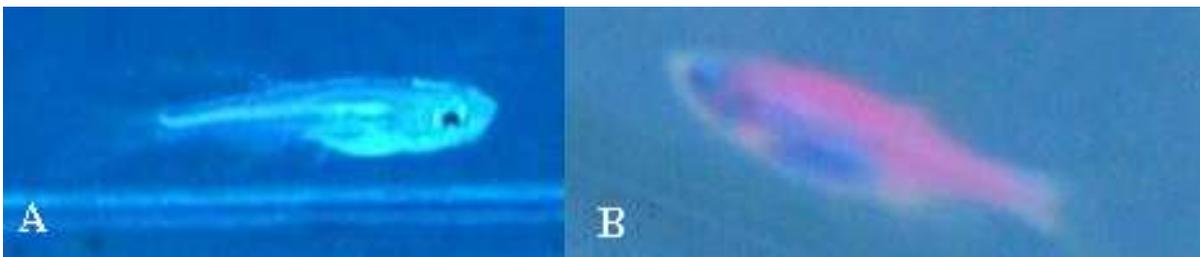


Figura 4. Híbrido del cruzamiento entre línea no transgénica con TK2. (A) Pez híbrido con poca coloración fluorescente. (B) Pez híbrido con coloración fluorescente. Ambos son peces hermanos de la misma camada (Fotos del autor).

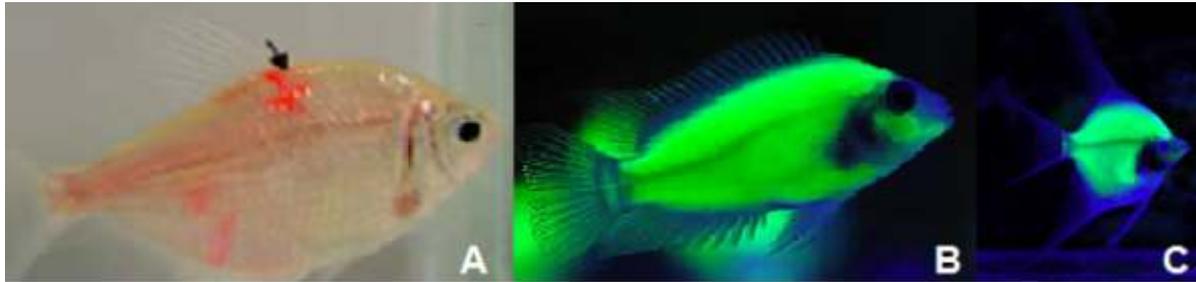


Figura 5. Peces transgénicos fluorescentes. (A) *Gymnocorymbus ternetzi*. (Tomado de: Pan *et al.* 2008). (B y C) Cíclidos ornamentales (*Amatitlania* y *Pterophyllum*) (Acuariofilia 2010).

Existe una percepción dual hacia los organismos genéticamente modificados

Al introducir un gen de pez del frío ártico en una planta de papa para hacerla resistente a las heladas. Se ha modificado genéticamente a la planta. Y además, esta planta podría “reproducirse” y dar más plantas resistentes a las heladas. O introducir el gen de la enzima de la quimosina de alpaca –que artesanalmente se ha observado que es más eficaz que el de vacuno- en una bacteria. Y a partir de ahí producir la quimosina a gran escala para mejorar el rendimiento quesero. Estamos obteniendo un producto (la enzima quimosina) que ayudará a producir más queso. Se puede comer el queso, que es un queso tan natural como el producido por otro medio no biotecnológico. Aquí podemos hacer una diferencia sustancial que repercute en el habitante común y es su “percepción dual” del mismo. Por un lado, “modificar genéticamente un organismo completo” tiene un mayor rechazo que “obtener un producto” por ingeniería genética y que se va utilizar para otros fines. Algo como que no comeríamos a una planta modificada. Pero si utilizaríamos un producto de ella para ser usado en la salud, agricultura o la industria. Los puntos de vista son diametralmente distintos. Podemos encontrar en una misma aplicación biotecnológica tanto ventajas como desventajas de su uso.

Un aspecto gravitante con un organismo vivo es que se reproduce. Mayormente las plantas y

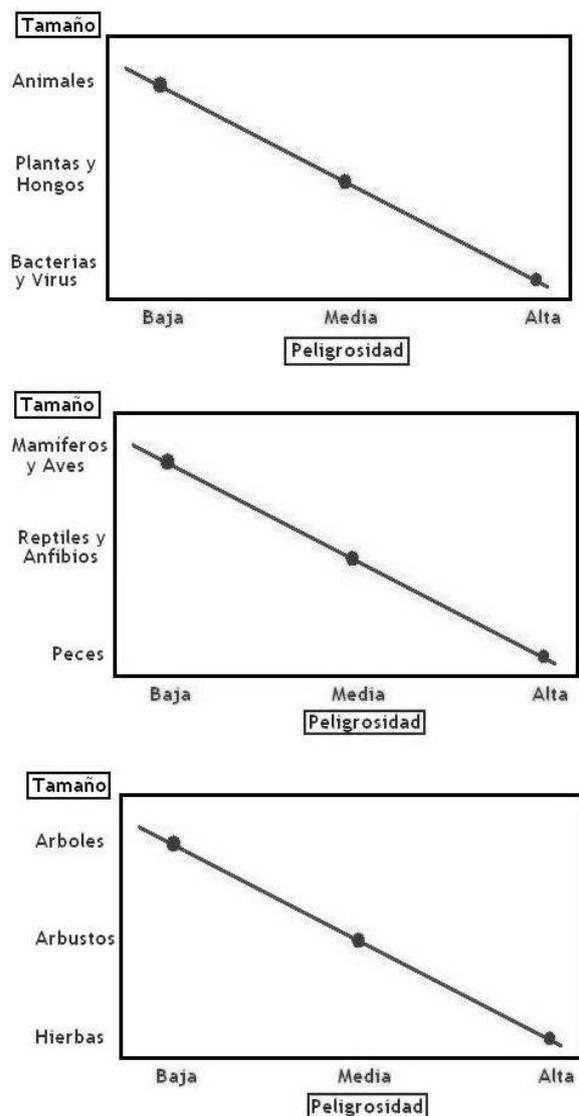


Figura 6. Curva de peligrosidad versus tamaño de un organismo transgénico (Elaborado por el autor).

animales domésticos utilizan la reproducción sexual para perpetuarse, en el proceso recombinan su información, para producir variabilidad genética y proporcionar diversidad biológica. En un OGM el principal peligro para el público en general es la reproducción descontrolada del mismo. ¿Qué pasaría si una planta modificada genéticamente empieza a “diseminar su polen libremente” y fecunda una papa silvestre nativa por ejemplo? La progenie producto de ésta hibridación descontrolada, no serán ni parecidas a la planta genéticamente modificada ni parecidas a la planta silvestre. Habremos introducido un nuevo factor de variabilidad inexplorado en la naturaleza o actividad productiva. ¿Cómo evitamos que esto ocurra?, y ¿Cómo evaluamos el impacto de este perjuicio? Para la primera pregunta, sería crear “mecanismos de bioseguridad” que contengan una reproducción descontrolada. La experiencia ha demostrado que a medida que tratamos con organismo más pequeños el riesgo se incrementa proporcionalmente (Fig. 6). Es decir, es más difícil de controlar bacterias modificadas genéticamente que animales de granja o vegetales transgénicos. Sin embargo, hay claras excepciones pero que siguen la misma regla de peligrosidad a diferente escala como son los peces o las hierbas que son claros ejemplos; son más grandes que las bacterias pero son más pequeños dentro sus respectivos reinos y poseen mecanismos reproductivos masivos y “agresivos”, que liberados en un ambiente acuático o área agrícola se podrán reproducir rápidamente copando todo el nicho o habitat. E incluso hibridizarse con sus parientes no transgénicos agregando nuevas variables imprevistas a la ecuación natural ya existente (Pandian 2001, Muir & Howard 2002, Hayes *et al.* 2004).

¿Cómo la calculamos el riesgo ambiental de un transgénico?

El riesgo de un OGM liberado a un medio natural puede ser determinado

matemáticamente por la probabilidad de dispersión vertical del transgen, es decir, entre el apareamiento y la selección natural. Lo que reduce la probabilidad a un examen de los siguientes componentes principales: viabilidad de los embriones y las crías (alevines), la viabilidad de los adultos, la edad de la madurez sexual, la fecundidad, la fertilidad y el éxito de apareamiento. Los resultados han demostrado ninguna diferencia negativa o positiva en la supervivencia de los embriones transgénicos y no transgénicos. Tampoco se encontró diferencias significativas en la supervivencia de los alevines, en el éxito de apareamiento, la fecundidad y la fertilidad. Sin embargo, los resultados publicados por Gong *et al.* (2003) muestran que lo realizan en ausencia de cualquier ventaja en la edad de madurez sexual o la viabilidad de adultos, lo que indica que se podría esperar que la selección natural elimine los transgénicos, independientemente de donde se escapó o fue liberado. En conclusión los modelos de peces OGM existentes con los ajustes necesarios para cada realidad que se quiere evaluar, permitirían realizar ensayos extrapolables a otros OGMs introducidos y dar respuestas “matemáticas acertadas” sobre el riesgo o peligro de su liberación descontrolada. Sobre la base de estos argumentos científicos se debe proponer a las organizaciones gubernamentales actualizarse en los temas de análisis y Gestión de riesgos que aún no existen en el Perú.

CONCLUSIÓN

La introducción y el desarrollo tecnológico de peces transgénicos u otros OGM´s en el Perú, requerirá de la evaluación de todos los aspectos sociales, económicos y/o científicos que justifiquen su uso y aplicaciones beneficiosas. Por lo que se requiere fortalecer a las entidades gubernamentales

representativas y tutelares del país que apliquen las normas de bioseguridad y precautorias que velen eficientemente por la salud humana y el medio ambiente con un sustento científico y analítico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuariofilia. 2010.** En: <http://foro.acuariofiliah2o.com/area-de-escalares/angeles-fluorcentes-ala-ventan-en-el-2012...-856.0.html> leído el 26 de diciembre del 2010.
- AGROFORUM. 2010.** *Foro Internacional "Biotecnología moderna en el sector agropecuario: Oportunidades y desafíos". Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima. 18 de Junio del 2010.* En: <http://www.agroforum.pe/showthread.php?3311-INIA-desminti%F3-la-presencia-de-ma%EDz-transg%E9nico-en-el-valle-de-Barranca> leído el 30 de Julio de 2010.
- Aquariumpaex. 2010.** En: <http://aquariumpaex.blogspot.com/search/label/corydoras%20fluorescent%20gr een> leído el 28 de diciembre del 2010.
- Anderson, P. 2007.** Portal del Centro Internacional de la papa. El CIP no liberará papas transgénicas en los países andinos. En: http://www.cipotato.org/pressroom/press_releases_detail.asp?cod=41&lang=spa, leído el 28 de Julio de 2010.
- AVATAR. 2009.** En: <http://www.avatarmovie.com/> leído el 28 de diciembre del 2010.
- AZOO. 2010.** En: http://www.azoo.com.tw/azoo_en/modules.php?name=News&file=article&sid=170. Leído el 28 de diciembre del 2010.
- BIDOC (Base internacional de datos de la Oficina del censo de EE.UU). 2010.** En: <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpopinfo.html> leído el 10 de noviembre del 2010.
- CIENCIA & TECNOLOGÍA. 2008.** Osamu Shimomura, Martin Chalfie y Roger Y. Tsien obtienen el Nobel de Química 2008. En: <http://www.tecnologiahechapalabra.com/ciencia/exactas/articulo.asp?i=3050> leído el 28 de Julio de 2010.
- Davelouis, L. 2008.** Los transgénicos de la discordia. Diario El Comercio. En: <http://elcomercio.pe/edicionimpresa/Html/2008-06-30/los-transgenicos-discordia.html> leído el 30 de Julio de 2010.
- Diario La República. 2010.** Sábado 20 Noviembre, 2010. En: <http://www.larepublica.pe/archive/all/larepublica/20100718/1/node/279036/total/01> leído el 12 de Noviembre del 2010.
- Gong, Z.; Wan, H.; Tay, T.; 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.
- Hayes, K.; Gregg, P.; Gupta, V.; Jessop, R.; Lonsdale, W.; Sindel, B.; Stanley, C. & Williams, C. 2004.** Identifying hazards in complex ecological systems. Hierarchical holographic model for herbicide tolerant oilseed rape. *Environmental Biosafety Research*, 3:109–128.
- James, C. 2009.** Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/genéticamente modificados en 2009. ISAAA International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. p. 4.
- Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología (Ley 27104, 1999, Mayo 12).** Diario Oficial El Peruano, pp. 173055. En: <http://www.inia.gob.pe/genetica/LEY%>

- 20N%C2%BA%2027104.pdf leído el 15 de agosto del 2010.
- Muir, W. & Howard, R. 2002. Assessment of possible ecological risks and hazards of transgenic fish with implications for other sexually reproducing organisms. *Transgenic Research*, 11: 101–114.
- Pan, X., Zhan, H. & Gong, Z. 2008. Ornamental expression of red fluorescent protein in transgenic founders of white skirt Tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*). *Marine Biotechnology*, 10:497–501.
- Pandian, T. 2001. Asian Aquaculture Journals: Problems and Possibilities. *Journal of Korean Aquaculture*, 14:1-7.

Proyecto de Ley N° 12033 Ley de Promoción de la Biotecnología Moderna. (n.d.). 2010. En : http://www.spda.org.pe/portal/_data/spda/archivos/TEXTO%20DEL%20PROYECTO%20DE%20LEY.pdf Leído el 31 de julio del 2010.

Fecha de recepción: 28 de noviembre del 2010.
Fecha de aceptación: 30 de diciembre del 2010.