



RESEARCH NOTE / NOTA CIENTÍFICA

A CASE HISTORY OF FLUORESCENT TRANSGENIC FISH (*DANIO RERIO*)
RELEASED IN NATURAL PERUVIAN ENVIRONMENTS WITH THERMAL
CONDITIONS SIMILAR TO ITS CENTER OF ORIGIN

UNA CASUÍSTICA DE PECES TRANSGÉNICOS FLUORESCENTES (*DANIO RERIO*)
LIBERADOS EN AMBIENTES NATURALES PERUANOS CON CONDICIONES
TÉRMICAS SIMILARES A SU CENTRO DE ORIGEN

Carlos Scotto¹

¹Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Jirón Río Chepén. El Agustino. Lima, Perú. Correo Electrónico: carlosscottoespinoza@gmail.com

The Biologist (Lima), 14(1), jan-jun: 129-141.

ABSTRACT

A decade ago transgenic fluorescent ornamental fish were reported in Peruvian territory. Also, breeding and hybridization with non-transgenic fish has been widely tested in confined laboratories and Peruvian breeding conditions. However, there is not yet information about their potential risk in case of release in climatic zones thermally very similar to their areas of origin (South East Asia). There is an urgent need to generate information that speculates on this possibility and to identify the areas of Peruvian territory more susceptible to the biological progress of these living modified hydrobiological organisms (LMhO) for their monitoring, control and surveillance.

Keywords: Biosecurity – LMO hydrobiological – moratorium – temperature – zebrafish.

RESUMEN

Hace una década se registró peces ornamentales fluorescente transgénicos en territorio peruano. Asimismo, su reproducción e hibridación con peces no transgénicos ha sido ampliamente probado en condiciones confinadas en los laboratorios y criaderos peruanos. Sin embargo, aún no existe información sobre su potencial riesgo en caso de ser liberado en zonas climáticas térmicamente muy semejantes a las zonas de origen de donde proceden (Sudeste asiático). Por lo que urge la necesidad de generar información que especule sobre ésta posibilidad y se identifique las áreas del territorio peruano más susceptibles de progreso biológico de éstos Organismos Vivos Modificados Hidrobiológicos (OVMh) para su monitoreo, control y vigilancia.

Palabras clave: Bioseguridad – OVM hidrobiológico – moratoria – pez Cebra – temperatura.

INTRODUCCIÓN

El 9 de diciembre del 2011, el Gobierno Peruano promulgó la Ley N° 29811 que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados (OVM o transgénicos) destinados a la liberación intencional al ambiente por un periodo de 10 años. La finalidad de la ley es fortalecer las capacidades en bioseguridad, desarrollar la infraestructura requerida y generar las líneas de base que permita una adecuada evaluación de las actividades de liberación de OVMs al ambiente. Puesto que se percibe que la producción y/o liberación de transgénicos, atentaría contra la biodiversidad por el potencial riesgo de flujo genético no controlado y que afectarían al Perú como “Centro de origen” o de “Diversidad Biológica”. El Perú forma parte del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica que regula los movimientos de Organismos Genéticamente Modificados (GMO) de un país a otro (CIISB/BCH-Perú 2015).

El principal objetivo del Protocolo de Cartagena es asegurar que las partes tengan un marco jurídico adecuado sobre bioseguridad del uso de OVMs. En el año 2012 se publicó el D.S. N° 008-2012-MINAM, en el cual se establecen las tareas, actividades y procedimientos que deberán implementarse durante la moratoria, siendo una de las principales actividades, la vigilancia y control de OVM en los puntos de ingreso y su producción en el interior del país (CDB 2015).

Existe desde el año 2011 una Ley Moratoria en el Perú (Ley N° 29811) a la liberación de cualquier OVM introducido y/o producido basado en el Principio Precautorio ante la incertidumbre de si se puede producir daño ambiental o a la biodiversidad o no. Actualmente se está modificando a la Ley N°

27104 sobre la prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología moderna referida a los OVM con la finalidad de prevenir, evitar o reducir los posibles efectos adversos para garantizar un nivel adecuado de protección para la salud humana, la diversidad biológica y el medioambiente de los OVM y sus productos derivados haciendo hincapié en los puntos controversiales como son su liberación al ambiente o el uso en ambientes confinados. La problemática aún vigente, es que existe normatividad en cuanto a los OVMs, pero los reglamentos sectoriales internos de cada uno de los sectores definidos como competentes por la Ley N° 27104 como son Agricultura, Salud y Pesquería no poseen Guías Técnicas con excepción del sector agricultura. O están en proceso de implementarse en cuanto a la detección de transgénicos introducidos o producidos (Alcántara 2011).

En el caso de pesquería y acuicultura la evaluación y gestión de riesgos para actividades con OVM de origen hidrobiológico, en cuanto a sus protocolos o guías de detección de OVMs hidrobiológicos no han sido desarrollados para ser implementados acorde a la norma vigente y solamente se puso a conocimiento público recientemente una guía para la detección y toma de muestra de diversos peces transgénicos fluorescentes (MINAM 2015).

Historia y evolución de la transgénesis ornamental hidrobiológica

A principios del año 2000 se desarrollaron a nivel de laboratorio los primeros peces ornamentales transgénicos fluorescentes. La técnica para la obtención de estos OVM consistió en la introducción de genes que producen proteínas fluorescentes de colores verde (GFP, Green Fluorescent Protein), rojo (RFP, Red Fluorescent Protein), entre otros, extraídos primero de la medusa abisal *Aequorea victoria* (Murbach & Shearer, 1902)

y luego de la anémona de mar [(*Anemonia manjano* (Carlgren, 1900)] y otros organismos marinos (Gong *et al.* 2001, Wan *et al.* 2002, Udvadia & Linney 2003).

Los primeros peces transgénicos producidos fueron el Medaka [*Oryzias latipes* (Temminck y Schlegel, 1846)] (Tanaka *et al.* 2001) y el pez Cebra [*Danio rerio* (Hamilton, 1822)] (Gong *et al.* 2003). En el año 2006 se identificó el primer movimiento transfronterizo de peces cebra fluorescentes al territorio peruano (Scotto 2011). Posteriormente, se logró su reproducción y su hibridación en cautiverio (Scotto 2012). Y en el 2013, se logró la primera identificación de peces cebra con la proteína roja fluorescente de la anémona de mar

[(*Discosoma sp.* (Forsskål, 1775)] (Zhu & Zon 2004) en el Perú mediante análisis de ADN (Scotto & Serna 2013). Actualmente se comercializan varias especies genéticamente modificadas de peces ornamentales monofluorescentes dulceacuícolas en el mundo tales como: pez Cebra [*D. rerio*]; Tetra [*Gymnocorymbus ternetzi* (Boulenger, 1895)]; Barbo tigre [*Puntius tetrazona* (Bleeker, 1855)]; Medaka [*O. latipes*]; Pez ángel o escalar [*Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823)]; Cíclido convicto [*Amatitlania nigrofasciata* (Günther, 1867)]; Neón chino [*Tanichthys albonubes* (Lin, 1932)] entre otros (Zhu 1992, Bielikova 2012, Pan *et al.* 2008, Qing *et al.* 2012) (Figura 1).

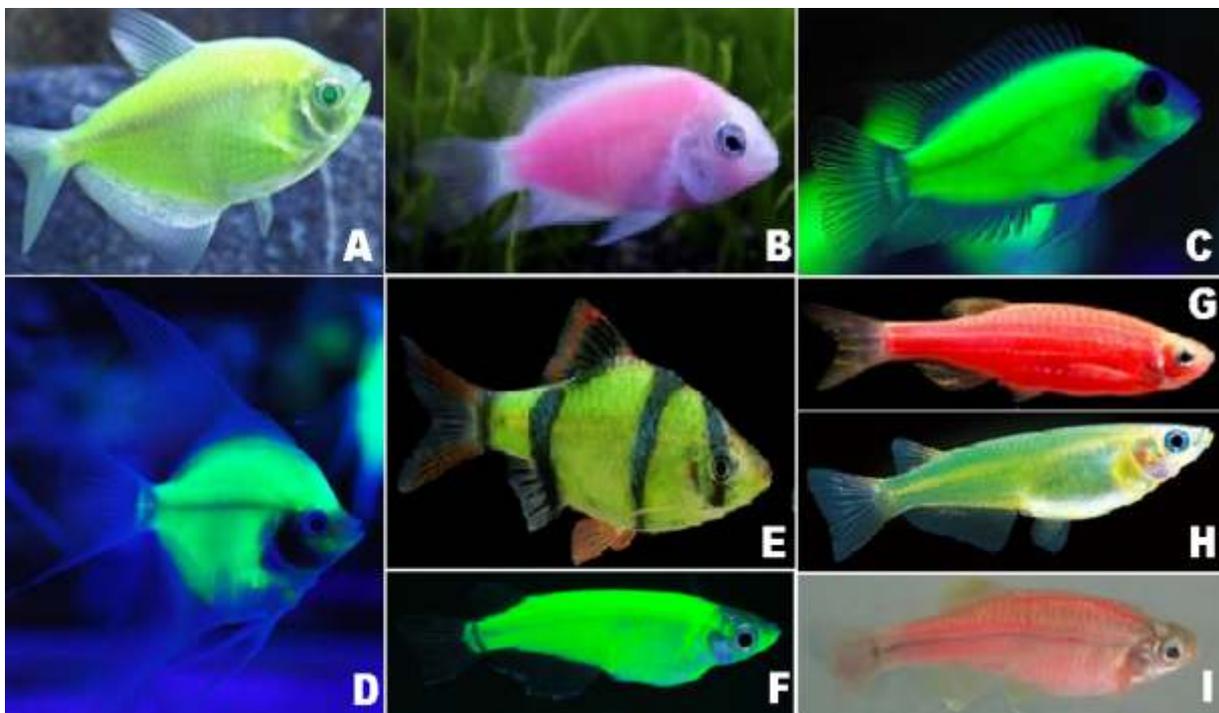


Figura 1. Peces transgénicos fluorescentes producidos: (A) *Gymnocorymbus ternetzi*. (B) *Archocentrus nigrofasciatus*. (C) *Amatitlania nigrofasciata*. (D) *Pterophyllum scalare*. (E) *Puntius tetrazona*. (F) *Oryzias dancena*. (G) *Danio rerio*. (H) *Oryzias latipes*. (I) *Tanichthys albonubes* (Fuente: Azoo 2015, Glofish 2015).

A partir de la segunda década del segundo milenio, se ha empezado a producir peces fluorescentes con más de un color corporal

(¿Eventos apilados?) como se ha obtenido en las especies dulceacuícolas *A. nigrofasciata* y *D. rerio* conocido como TK 3 (Figura 2).

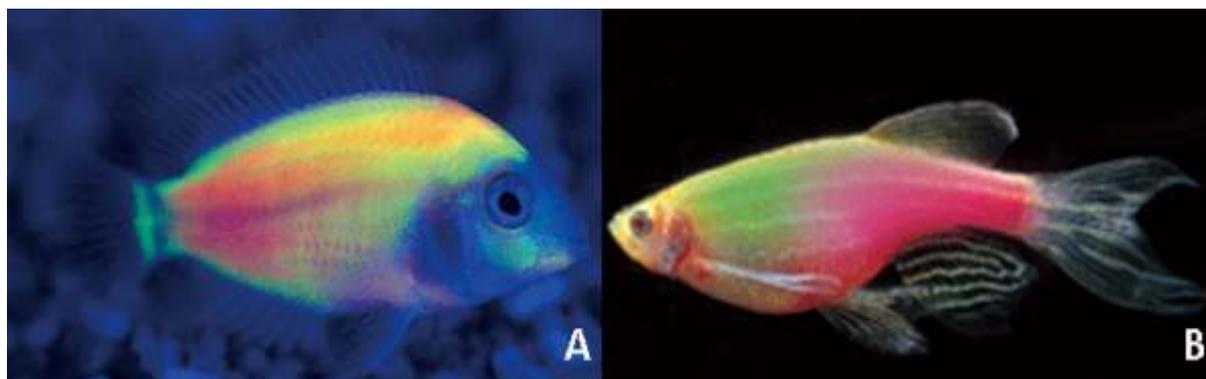


Figura 2. Peces transgénicos fluorescentes con más de un color corporal. (A) *Amatitlania nigrofasciata*. (B) *Danio rerio* (Fuente: Azoo 2015, Glofish 2015).

Desde mediados del año 2000 se han desarrollado diferentes peces transgénicos fluorescentes para su uso como mascota de acuario. Como son el pez Cebra (*D. rerio*) y el pez Medaka japonés (*O. latipes*), principalmente desarrollados para ser comercializados en los mercados de los Estados Unidos (Bratspies 2004: <http://www.glofish.com>) y de Taiwán (<http://www.azoo.com.tw>), respectivamente. Los éxitos logrados en éstos peces transgénicos pioneros han alentado la obtención de otros peces transgénicos fluorescentes. Por lo que, a partir del año 2010 se ha empezado a producir peces ornamentales marinos o hialotolerantes transgénicos para estudios ecotoxicológicos y biomédicos como son la especie de Medaka [*Oryzias dancena* (Hamilton, 1822)] (Nguyen *et al.* 2014 Cho *et al.* 2015) y [*Oryzias melastigma* (McClelland, 1839)] (Chen *et al.* 2011, Dong *et al.* 2014).

¿Análisis de riesgos de OVMs hidrobiológicos pendientes?

El Perú importa peces ornamentales vivos,

alevinos, ovas y otras mercancías similares, de países donde se desarrollan organismos de origen hidrobiológicos transgénicos. La responsabilidad estatal es la de controlar y supervisar el ingreso de cualquier OVM en el territorio nacional. En este sentido, se deberá adecuar sus procedimientos a fin de controlar el ingreso de OVM de origen hidrobiológicos y prevenir la liberación de OVM en el ambiente. Sin embargo, uno de los aspectos más controversiales de la producción o importación de peces transgénicos para el Perú es su reproducción descontrolada por liberación intencional o accidental en los ecosistemas acuáticos naturales. En el caso de peces cebrá transgénicos fluorescentes *D. rerio*, las empresas que los produjeron aseguraban que éstos peces transgénicos eran estériles. Sin embargo, esto no es cierto, puesto que se ha probado en el laboratorio que si se reproducen y más aun se hibridizan con las variedades silvestres o no transgénicas de su misma especie. La proyección futura es aún es más incierta con la introducción o producción de otros peces transgénicos y de consumo

humano como son la Tilapia [*Oreochromis* sp. (Linnaeus, 1758)] o la Trucha [*Salmo Trutta* (Linnaeus, 1758)] tan difundidos en la acuicultura comercial en el país. O el recientemente salmón transgénico aprobado para consumo humano por la FDA de USA (FDA 2015). Asimismo, con la introducción de otros transgenes como el de la hormona de crecimiento o genes de resistencia al frío, a la salinidad u enfermedades. La predicción sobre su impacto positivo o negativo aún no ha sido comprobada. Es así que las leyes o sus modificaciones deberán sustentar su normatividad según sea el caso por caso (O pez por pez) a la hora de ser revisadas, actualizadas y/o promulgadas, y basadas en el sustento técnico de un análisis de riesgos primero en condiciones confinadas y luego en el campo al ser liberadas que determine la protección ambiental y/o humana, y a nuestras condiciones ecológicas, socioeconómicas y culturales Paes de Andrade *et al.* 2015

La obtención de nuevo conocimiento e información sobre el riesgo potencial de estos OVMs hidrobiológicos, permitirá fortalecer los mecanismos de bioseguridad de parte de las instituciones estatales encargadas de velar y fiscalizar la aplicación de la moratoria. Asimismo, ayudará a generar conciencia social sobre el uso de los OVMs acuáticos y sus beneficios y/o peligros en caso de liberación accidental o provocada a futuro. Otro punto crítico en sí de los reglamentos internos para hacer efectiva la normatividad de los OVMs recae en el análisis y gestión de riesgos. Representando uno de los puntos más comentados y quizás cuestionados de los reglamentos internos por el sector competente, debido a la inexistencia de un único método estandarizado para realizar el análisis de riesgo. En la evaluación de riesgos pueden aplicarse diferentes técnicas y/o métodos. Esto sumado a su relativa inmadurez como disciplina, a la complejidad de los problemas de manejo medioambiental en territorio peruano y a la variedad de los indicadores y por

ende a los diferentes tipos de evaluaciones que se requieren. Por todo esto, resulta difícil que se pueda desarrollar un marco procesal único que pudiera cubrir cada uno de los aspectos posibles de una evaluación de riesgo. La determinación del nivel de riesgo de un OVM depende de muchos factores, entre ellos la naturaleza del transgen inserto, la proteína que codifica, los efectos de ésta, la capacidad de un organismo modificado genéticamente de encontrar las condiciones adecuadas, la biología reproductiva del organismo, el uso final del OVM, las condiciones medioambientales donde se utilizará, etc. Basándose en estos factores, y el peso de cada uno, se puede determinar el nivel de bioseguridad derivada de las actividades a desarrollar y del uso del OVM (Maclean & Laight 2000, Hayez 2002, Kapuscinski *et al.* 2007). La idea en general es de “identificar peligros novedosos”, o sea, que se deban a la modificación genética y que no existan en la acuicultura convencional, y después, evaluar la posibilidad de que este peligro se materialice y que llegue a causar un daño medioambiental (Paes de Andrade *et al.* 2015).

Urge así la necesidad de empezar a realizar el análisis y gestión de riesgos de OVM hidrobiológicos pertinentes caso por caso y paso a paso por mandato de las Leyes N° 27104 y N° 29811. Puesto que a la fecha no se ha realizado el análisis de riesgos de ningún OVM hidrobiológico en la realidad peruana a pesar que la Ley de la Moratoria concluye en el año 2021 y aún existen preguntas que aún faltan por responder: ¿Existe riesgo potencial o no de parte de un OVM acuático particular? Si existe un riesgo ¿Cuál es la probabilidad de que éste se dé y de qué manera impactaría a los ecosistemas acuáticos? No existe una sola respuesta, pues cada OVM tiene su nivel de riesgo particular caso por caso lo cual implica un análisis de riesgo de forma independiente. Los resultados preliminares obtenidos en condiciones confinadas que simulen microambientes permitirán dar respuestas para

fortalecer los mecanismos de bioseguridad y ayudar a implementar programas de capacitación técnica y contar con personal debidamente informado que responda de manera adecuada a los requerimientos que se les plantee en el cumplimiento de sus funciones como integrantes de los grupo técnicos futuros en éste caso para pesquería y acuicultura (Ormachea 2013).

Varios investigadores han tratado de realizar un modelamiento teórico para predecir los efectos negativos del flujo génico de un OVM hidrobiológico en el tiempo. Ya se sabe, que si un pequeño número de peces modificados genéticamente se escaparan y aparearan con miembros de su especie silvestre emparentado en libertad. El transgen (Gen troyano) aumentará las posibilidades de éxito en el apareamiento, pero se reducirá la viabilidad de la descendencia transgénica. Con el tiempo, la población silvestre de peces podría llegar a extinguirse. La determinación del riesgo de que esta extinción o contaminación génica (Flujo génico) de las poblaciones silvestres. Está en función de la exposición y el daño, (Riesgo = Exposición x Daño). La evaluación de riesgos debe tener en cuenta tanto el daño (La naturaleza y el alcance de los daños potenciales, efectos adversos), y la exposición (Probabilidad). Por lo tanto, la valoración del riesgo para el medio ambiente relacionado con la liberación de organismos transgénicos o de los productos que los contengan; estará sujeta a la estimación de daños posibles y a la determinación de la probabilidad de ocurrencia, en uso y actividades con OVMs. Los valores deberán ser obtenidos mediante evaluaciones en condiciones controladas y bajo protocolos estandarizados dentro de un laboratorio antes de realizar evaluaciones de campo (Muir & Howard 2001, Devlin *et al.* 2006).

¿Qué sucedería si el pez Cebra fuera liberado a un medioambiente peruano similar a sus centros de origen?

El pez cebra (*D. rerio*) pertenece a la familia de los Cyprinidae (Detrich *et al.* 1999). Y son nativos de las regiones tropicales de Sudeste asiático (India, Pakistán, Nepal y Bangladesh, Myanmar (Menon 1999). Son muy conocidos en todo el mundo y ampliamente comercializados como especies ornamentales; además, son las especies ictícolas más utilizados como modelos de investigación en genética y biología del desarrollo. Son especies ovíparas pues tienen fecundación externa produciendo entre 300 a 400 embriones por puesta, se reproducen continuamente durante todo el año cada 2 a 3 semanas. Y poseen un intervalo generacional corto de aproximadamente 3 a 5 meses (Detrich *et al.* 1999). Los adultos habitan en arroyos, canales, acequias, estanques y humedales (Rahman 1989). El desove o puesta de huevos es inducida por el incremento de la temperatura y comienza en el inicio de la temporada del monzón o de lluvias (Spence *et al.* 2007). Viven a temperaturas óptimas entre 18°C a 24°C en sus ambientes naturales (Riehl & Baensch 1991). Pero pueden sobrevivir relativamente entre 20 y 30°C. Aunque pueden soportar temperaturas menores de hasta 10 °C, pero se acorta su vida y se reproduce con dificultad. La temperatura ideal para su reproducción se realiza entre 25,5 y 27,7 °C (Desarrollo del pez Cebra 2015). Rocha *et al.* (2002) mencionan que la temperatura ideal para el desarrollo embrionario es de 28 °C.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una casuística de peces transgénicos fluorescentes (*Danio rerio*) liberados en ambientes naturales peruanos con condiciones térmicas similares a su centro de origen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se cruzó la información de la biología biotérmica óptima (Rango de 21,8°C a 30,6°C) para la reproducción natural del pez Cebra (*D.*

rerio) existente en la bibliografía mundial (Riehl & Baensch 1991, Rocha *et al.* 2002). Con la base de datos de las temperaturas mínimas registradas entre los años 2000 al 2010 en el territorio peruano del Senamhi (2015).

Se realizó un análisis de riesgo simulado virtual, basándose en la casuística de una posible liberación de peces cebras no nativos que vayan a ser introducidos en diferentes regiones del territorio peruano cuya

temperatura anual pueda ser propicia para su reproducción (Castillo *et al.* 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, según el Senamhi (2015) durante el mes de Setiembre del 2015 se registraron los siguientes rangos de temperaturas máximas y mínimas en el territorio peruano.

Tabla 1. Temperaturas máximas y mínimas del mes de setiembre del 2015 para el territorio peruano.

Zona	Departamento	Rango de temperaturas mínimas	Rango de temperaturas máximas
Costa Norte	Tumbes	15,8°C y 22,5°C	24,2°C y 34,5°C
	Piura		
	Lambayeque		
Costa Central	Ancash	10,7°C a 16,5°C	21,8°C a 30,6°C
	Lima		
Costa Sur	Ica	9,0°C y 15,9°C	19,5°C y 29,1°C
	Arequipa		
Sierra Norte	Cajamarca, San Martín	10,6°C a 23,2°C	5,7°C a 20,4°C
Sierra Central	Junín, Ayacucho,	5,7°C a 20,4°C	
	Huancavelica, Lima,		
Sierra Sur Occidental	Ancash	5,0°C a 21,3°C	
	Arequipa, Moquegua,		
Sierra Sur Oriental	Tacna	5,1°C a 22,0°C	
	Cuzco		
Altiplano	Puno	0,3°C a 16,8°C	
Selva Norte	Loreto, San Martín	9,6°C y 23,5°C	20,9°C y 35,6°C
Selva Central	Junín, Huánuco, Pasco,	12,8°C y 22,8°C	23,7°C y 35,0°C
	Ucayali		
Selva Sur	Madre de Dios	12,8°C y 22,8°C	23,7°C y 35,0°C

Fuente: Senamhi (2015).

En la Figura 3, se observa el mapa con las temperaturas mínimas registradas entre los años 2000 al 2010. Los departamentos que registraron temperaturas por encima de los 13°C durante la primera década de éste milenio fueron: Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Lima, Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco, Junín, Cuzco, Loreto, Ucayali y Madre de Dios.

En la Figura 4, los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque mostraron temperaturas entre los 24 y 32°C en casi en todo su territorio. Presentando una temperatura ideal para la reproducción del pez Cebra de 28°C en promedio en los tres departamentos. Y también acorde con las temperaturas máximas y mínimas registradas para el mes de setiembre (Primavera) (Tabla 1).

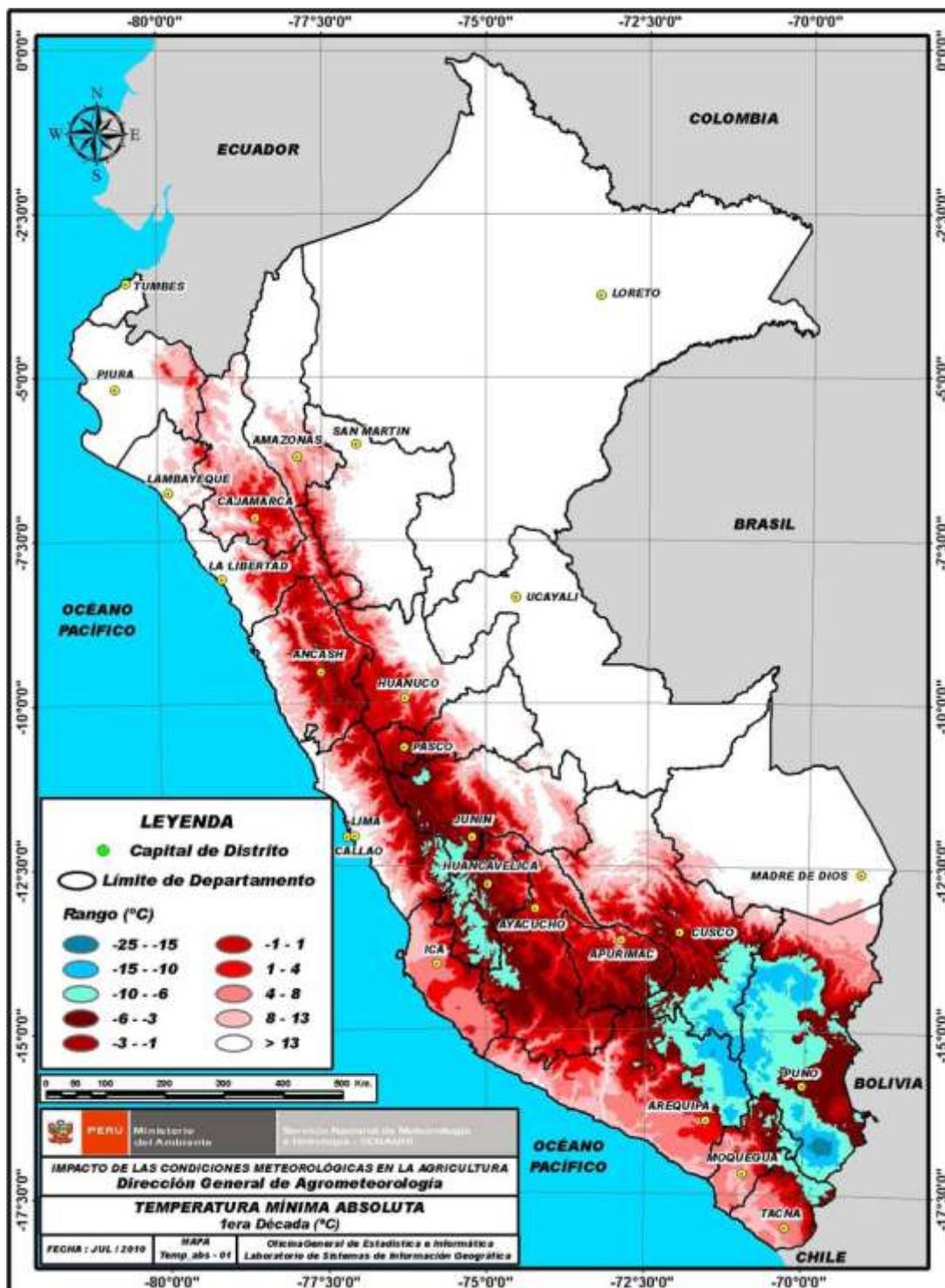


Figura 3. Mapa Regional Ambiental de temperaturas mínimas absolutas en °C registradas entre el año 2000 al 2010 para el territorio peruano (Fuente: Senamhi 2015).

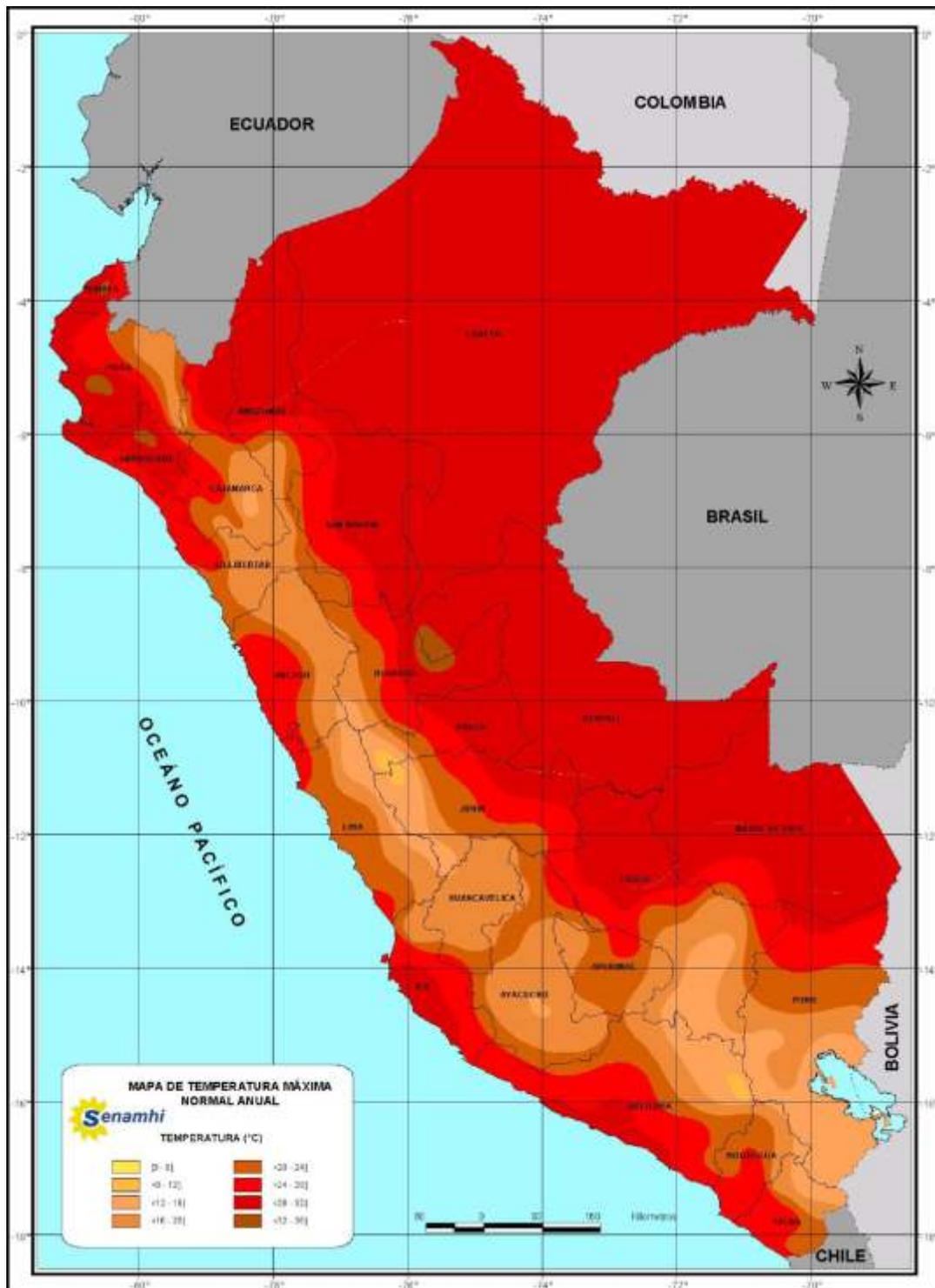


Figura 4. Mapa Regional Ambiental de temperaturas máximas en °C registradas para el territorio peruano. (Fuente: Senamhi 2015).

La costa central representada por los departamentos de Ancash, Lima e Ica, si bien presentan temperaturas óptimas para los peces Cebras (Rango de 21,8°C a 30,6°C). Estas temperaturas propicias se dan solamente en los periodos de verano y en áreas aledañas al nivel del mar. Más no le es favorable en los meses de invierno, donde las temperaturas pueden descender a menos de 16,5°C pudiendo dificultar su reproducción en ambientes acuáticos naturales. De la misma manera, la costa sur (Departamento de Arequipa) presenta el mismo condicionante térmico, incluso con temperaturas aun menores (<15,9°C) (Tabla 1), y con un área costera poco amplia a diferencia de la costa norte y corrientes de agua continua y no lóxicas que es adversa a ésta especie ictícola.

Tanto los departamentos de Cajamarca y San Martín (Sierra norte), Junín (Sierra central) y Cuzco (Sierra sur oriental). Poseen hacia el lado colindante con el departamento de Loreto áreas con temperaturas propicias para el pez Cebrá de 24 hasta 36°C en sus ambientes selváticos (Figura 4).

Por último, los departamentos de Loreto (Selva norte), Ucayali (Selva central) y Madre de Dios (Selva sur) poseen temperaturas por encima de los 21°C hasta los 32 a 36°C siendo propicias para el desarrollo de peces Cebras introducidos (Tabla 1 y Figura 4).

De acuerdo a la bibliografía revisada el rango de temperatura óptima para el pez Cebrá (*D. rerio*) fluctúa entre 18 y 30°C. Por su similitud climática en cuanto a los mismos parámetros térmicos del centro de origen sudasiático del pez Cebrá con los rangos de temperatura del territorio peruano, se visualiza que la costa norte del Perú (Departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque) presentan las mejores condiciones térmicas para sustentar una población de peces Cebrá en ambientes acuáticos naturales.

Otras zonas similares en cuanto al rango de temperatura para el pez Cebrá lo constituyen los departamentos con zonas selváticas donde la temperatura supera los 24°C como son: Cajamarca, Amazonas, San Martín, Junín, Huánuco, Pasco, Cuzco, Loreto, Ucayali y Madre de Dios.

Sin embargo, habría que tomar en cuenta otros parámetros que podrían impedir el progreso de esta especie exótica en los ambientes acuáticos peruanos como son: el éxito reproductivo, la disponibilidad de alimento, la depredación por parte de otras especies ictícolas, la disposición de fuentes de aguas lenticas propicias para su reproducción (Lagos, lagunas, etc.) y otros factores.

Este análisis preliminar proporciona nuevos enfoques de bioseguridad para el control y vigilancia de éstos OVM hidrobiológicos introducidos hace casi diez años en territorio peruano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, J. 2011. *La Bioseguridad en el Perú: El Procedimiento para la Evaluación y Autorización de las Actividades Relacionadas con OVM en el País*. Presentación en el II Foro Internacional Sobre Biotecnología Moderna: Oportunidades y Desafíos, 17 de junio de 2011, Organizador: Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima, Perú.
- Azoo. 2015. En: <http://www.azoo.com.tw> leído el 01 de diciembre del 2015.
- Bielikova, M.; Bukovska, G.; Vavrova, S.; Timko, J. & Turna, J. 2012. *Identificación de pez Cebrá (Danio rerio) genéticamente modificado por métodos de PCR*. En: <http://gmoglobalconference.jrc.ec.europa.eu/Posters.htm> leído el 20 de

- noviembre de 2015.
- Bratspies, R. 2004. Glowing in the dark: how America's first transgenic animal escaped regulation. *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 6: 457.
- Castillo, S.; Sánchez, F.; Mendoza, A.R. & Koleff, P. 2009. Los peces bioluminiscentes en México: ¿Un riesgo para el ambiente?. *Biodiversitas*, 85:11-15.
- CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 2015. En: <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf> leído el 20 de noviembre de 2015.
- Centro de Intercambio de Información Sobre Bioseguridad del Perú (CIISB/BCH-Perú). 2015. En: <http://pe.biosafetyclearinghouse.net/> leído el 01 de Noviembre de 2015.
- Cho, Y.; Kim, D. & Nam, Y. 2015. Concatemer-Associated transgene expression patterns in transgenic marine medaka *Oryzias dancena* strains. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 18: 73-80.
- Chen, X.; Li, L.; Cheng, J.; Chan, L.; Wang, D. & Wang, K. 2011. Escenario molecular del medaka marino: un organismo modelo para el estudio de la ecotoxicidad marina. *Marine Pollution Bulletin*, 63:309-317.
- Desarrollo del pez Cebra. 2015. En: <https://pezcebradesarrollo.wordpress.com/el-acuario-zebrafish-pez-cebra-o-banderita-en-la-escuela/> leído el 30 de Julio de 2015.
- Detrich, H.; Westerfield, M. & Zon, L. 1999. Overview of the Zebrafish system. *Methods Cell Biology*, 59:3-10.
- Devlin, R.; Biagi, C.; Yesaki, T.; Smailus, D. & Byatt, J. 2001. Growth of domesticated transgenic fish. *Nature*, 409: 781-782.
- Dong, S.; Kang, M.; Wu, X. & Ye, T. 2014. Development of a promising fish model (*Oryzias melastigma*) for assessing multiple responses to stresses in the marine Environment. *BioMed Research International*, 2014:1-17.
- FDA. 2015. *FDA Has determined that the AquAdvantage Salmon is as safe to eat as Non-GE Salmon*. En: <http://www.fda.gov/ForConsumers/default.htm> leído el 22 de noviembre del 2015.
- GloFish, 2015. Experience the Glo! En: <http://www.glofish.com> leído el 01 de diciembre del 2015.
- Hayes, K. 2002. *Uso de metodologías robustas para la evaluación de riesgo ecológico. Mejores prácticas y actualización de prácticas en la evaluación de riesgo ecológico de los organismos genéticamente modificados*. Informe del Workshop on Best Practice Risk Assessment for Genetically Modified Organisms, CSIRO, Canberra 4-5 de abril de 2002, 73 p.
- 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, 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.
- Kapuscinski, A.; Hayes, K.; Li, S. & Dana, G. 2007. *Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms: Vol 3. Methodologies for Transgenic Fish*. Cab International, Wallingford, UK, 304 p.
- Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la Biotecnología (Ley N° 27104, 1999, Mayo 12). *Diario Oficial El Peruano*, pp. 173055. En: http://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/jer/DIR_NOR_CUAV EG/00072.pdf leído 20 de noviembre de 2015.
- Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos

- modificados al territorio nacional por un período de 10 años (Ley N° 29811, 2011, Diciembre 09). *Diario Oficial El Peruano*, pp. 454601. En: http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/leyes/ley_29811_ley_prod_organismos_vivos.pdf leído 20 de noviembre de 2015.
- Maclean, N. & R.J. Light, 2000.** Transgenic fish: An evaluation of benefits and risks. *Fish Fisheries*, 1: 146–172.
- Menon, A. 1999.** *Check-list of fresh water fishes of India*. Zoological Survey of India, Misc. Publ., Occas. Pap. No. 175, 366 p.
- MINAM. 2012.** *Decreto supremo donde aprueban reglamento de la ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un período de 10 años* (D.S. N° 008-2012-MINAM, 2012, Noviembre 14). *Diario Oficial El Peruano*, pp. 454601. En: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/ds-008-2012-minam.pdf> leído el 30 de agosto de 2015.
- MINAM. 2015.** Resolución Ministerial donde aprueban “Compendio de Guías a ser aplicadas en los Procedimientos de Control y Vigilancia para la detección de Organismos Vivos Modificados – OVM” (R.M. N° 023-2015-MINAM, 2015, Febrero 14). *Diario Oficial El Peruano*, pp. 546739. En: http://www.ausa.com.pe/images/uploads/normas/RM%20%20023_2015_MINAM.pdf leído el 30 de agosto de 2015.
- Muir, J. & Howard, R. 2001.** Fitness components and ecological risk of transgenic release: A model using Japanese Medaka (*Oryzias latipes*). *American Naturalist*, 158: 1-16.
- Nguyen, T.V.; Young-Sun, C.; Sang-Yoon, L.; Dong-Soo, K. & Yoon-Kwon, N. 2014.** Cyan Fluorescent Protein Gene (CFP)-Transgenic marine medaka *Oryzias dancena* with potential ornamental applications. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 17: 479-486.
- Ormachea, M. 2013.** *Informe Técnico-Administrativo sobre los Procedimientos de Bioseguridad Pertinentes a Seguir por los Órganos Sectoriales Competentes (OSC) para el Ingreso y Monitoreo de Organismos Vivos Modificados en el Perú*. Proyecto MINAM - UNEP / GEF - UNOPS Implementación del Marco Nacional de Bioseguridad en el Perú. Lima, Perú, 99 pp.
- Paes de Andrade, P.; Parrott, W. & Roca, M. 2015.** *Guía para la Evaluación de Riesgo Ambiental de Organismos Genéticamente Modificados*. En: <http://www.conacyt.mx/cibiogem/imagenes/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Guia-evaluacion-riesgo-OGMs.pdf> leído el 30 de Julio de 2015.
- Pan, X.; Zhan, H. & Gong, Z. 2008.** Ornamental expression of red fluorescent protein in transgenic flounders of white skirt tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*). *Marine Biotechnology*, 10: 497–501.
- Qing, J.; Chen, M.; Bai, D.; Jiang, P.; Fan, J.; Ye, X. & Xia, S. 2012.** Generation and characterization of a stable red fluorescent transgenic *Tanichthys albonubes* line. *African Journal of Biotechnology*, 11: 7756-7765.
- Rahman, A. 1989.** *Freshwater fishes of Bangladesh*. Zoological Society of Bangladesh. Department of Zoology, University of Dhaka. 364 p.
- Riehl, R. & Baensch, H. 1991.** *Aquarien Atlas*. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Natur-und Heimtierkunde, Germany. 992 p.
- Rocha, A.; Ruiz, S. & Coll, J. 2002.** Método sencillo para producir huevos embrionados de pez cebra. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*,

- 17:1-2.
- Scotto, C. 2011. Peces transgénicos fluorescentes en el Perú: Bioseguridad y análisis de riesgos pendientes. *The Biologist (Lima)*, 8: 235-243.
- Scotto, C. 2012. Nota Científica: Reproducción e hibridación de peces transgénicos fluorescentes en cautiverio: un alcance prospectivo. *Scientia Agropecuaria*, 3: 89-93.
- Scotto, C. & Serna, F. 2013. Primera identificación molecular del transgén de la proteína fluorescente roja (RFP) en peces Cebra (*Danio rerio*) transgénicos ornamentales introducidos en el Perú. *Scientia Agropecuaria*, 4: 257-264.
- Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). En: www.senamhi.gob.pe leído el 02 de diciembre del 2015.
- Spence, R.; Fatema, K.; Ellis, S.; Ahmed, Z. & Smitz, C. 2007. Diet, growth and recruitment of wild zebrafish in Bangladesh. *Journal of Fish Biology*, 71:304-309.
- Tanaka, M.; Kinashita, M.; Kobayashi, D. & Nagahama, Y. 2001. Establishment of Medaka (*Oryzias latipes*) transgenic lines with the expression of green fluorescent exclusive in germ cells: useful model to monitor germ cells in a live vertebrate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98: 2544-2549.
- Udvardia, A. & Linney, E. 2003. Windows into development: historic, current, and future perspectives on transgenic zebrafish. *Developmental Biology*, 256: 1-17.
- Wan, H.; He, J.; Ju, B.; Yan, T.; Lam, T.J. & Gong, Z. 2002. Generation of two-color transgenic zebrafish using the green and red fluorescent protein reporter genes GFP and RFP. *Marine Biotechnology*, 4:146-54.
- Zhu, Z. 1992. *Generation of fast growing transgenic fish: Methods and mechanisms*. pp. 92-119. In: *Transgenic Fish*. Hew, C.L. & Fletcher, G.L. (eds.) Singapore, Singapore World Scientific.
- Zhu, H. & Zon, L. 2004. Use of the DsRed fluorescent reporter in zebrafish. *Methods in Cell Biology*, 76:3-12.

Received December 9, 2015.
Accepted March 2, 2016.