

## MÉTODO PARA DETERMINAR LA APTITUD PISCÍCOLA DEL TERRITORIO EN LA AMAZONÍA PERUANA

### METHOD TO DETERMINE PISCICULTURE APTITUDE IN THE PERUVIAN AMAZONIA TERRITORY

José Maco<sup>1</sup>, Roger Escobedo<sup>1</sup>, Fernando Rodríguez<sup>1</sup>, Filomeno Encarnación<sup>1</sup>, Francisco Reátegui<sup>1</sup>, Walter Castro<sup>1</sup>, Juan Ramírez<sup>1</sup>, Percy Martínez<sup>1</sup>, Luis Limachi<sup>1</sup> y Wagner Guzmán<sup>1</sup>

#### RESUMEN

La Amazonía reúne condiciones favorables para el desarrollo de la piscicultura, existe abundante tierra, agua, gran diversidad de especies de peces, tecnologías de crianza desarrolladas y gran interés por parte de la población. Para desarrollar la piscicultura con especies nativas, surge la necesidad de conocer las áreas con mayor vocación para el desarrollo de esta actividad y plasmarlas en un Mapa de Aptitud Piscícola, que sirva como instrumento orientador de las políticas de desarrollo piscícolas regionales y nacionales. En el presente trabajo se propone una metodología para la elaboración del Mapa de Aptitud Piscícola, teniendo en cuenta criterios relacionados con Hidrografía, Fisiografía (pendiente y las limitaciones por inundación), características del suelo, del clima; así como la oferta de agua de adecuada calidad y cantidad. El Mapa de Aptitud Piscícola tiene cinco niveles de importancia para el desarrollo de la piscicultura. Para el cultivo comercial, se identifican los de nivel muy alto y alto; mientras que para el cultivo de subsistencia se consideran los de nivel medio y bajo, siendo el nivel muy bajo, no apto para la práctica de la piscicultura.

**Palabras clave:** Piscicultura, Hidrografía, Fisiografía, Suelos, Clima, Amazonía, Perú.

#### ABSTRACT

The Peruvian Amazon presents adequate conditions for the development of fish farming, since there are abundant land, water, great diversity of fishes, developed technologies and great interest from local population. To develop fish farming with native species is necessary to know which areas are most adequate for this activity development. Georeferencing the areas resulting in a Fish Farming Aptitude map can serve as an instrument to orientate regional and national policies related to fish farming. This paper proposes a new methodology for elaborating the Fish Farming Aptitude Map, considering criteria related to hydrography, physiography (slope and the limitations for flood), soil characteristics, climate, as well as, the offer of a suitable water quality and quantity. Fish Farming Aptitude Map has five levels of importance for the development of fish farming. For development of commercial fish farming, two levels were identified: Very High and High; whereas the areas to develop fish farming for human subsistence two levels were considered: Medium and Low. A Very Low level indicated not suitable for fish farming activities.

**Keywords:** Fish farming, Hydrography, Physiography, Soils, Climate, Amazonia, Perú.

## 1. INTRODUCCIÓN

Es evidente que las poblaciones de peces que sustentan las pesquerías en ambientes naturales de la Amazonía peruana se vienen agotando (Tello & Bayley, 2001) (PRODUCE 2002; 2003; 2004; 2005). A pesar de realizar un mayor esfuerzo pesquero, los niveles de producción de la pesca se mantienen igual, o en muchos casos, menor

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Programa de Ordenamiento Ambiental.  
Correos electrónicos: jmaco@iiap.org.pe; rescobedo@iiap.org.pe; frodriguez@iiap.org.pe

que hace algunos años (Tello & Bayley, 2001) (Barthem & Goulding, 1997). En este contexto, la piscicultura surge como una alternativa eficaz para producir alimentos destinados a la población y como una alternativa de negocio lucrativo, puesto que el interés por los productos pesqueros es cada vez mayor en el mundo (IIAP et al. 2005).

La Amazonía reúne condiciones biofísicas para el desarrollo acuícola con especies tropicales. Se cuenta con abundante agua y tierra, gran diversidad de especies, tecnologías de crianza desarrolladas y gran interés por parte de la población.

Entidades como el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), los gobiernos regionales, los gobiernos municipales y las ONG vienen apostando por la piscicultura como una de las fuentes de alimentos, de trabajo y divisas para la región amazónica. Por lo que, actualmente, se siguen investigando nuevas tecnologías de cultivo en los centros de investigación y laboratorios del IIAP (Padilla et al. 2001) (Deza et al. 2002) (Ismiño & Araujo-Lima, 2002; Rebaza et al. 2002), así como en las propias instalaciones de los piscicultores locales, con la finalidad de dar mayor rentabilidad a la actividad piscícola.

Sin embargo, no existen aún los mecanismos para impulsar el desarrollo acuícola en la región amazónica, especialmente una política de dirección para el crecimiento de esta actividad. Con la finalidad de fomentar la acuicultura es necesario implementar un Plan Integral de Desarrollo Acuícola con bases técnicas y científicas rigurosas, que permita orientar el avance de esta actividad hacia resultados satisfactorios y efectivos.

En este contexto, surge la gran interrogante ¿Dónde realizar la actividad piscícola en la Amazonía peruana?

Para dar respuesta a esa interrogante se ha puesto en práctica un método que tiene como producto final un Mapa de Aptitud Piscícola de la zona estudiada, donde se identifican las áreas con mayor vocación para el desarrollo de las actividades piscícolas con especies tropicales. El producto desarrollado puede ser usado como instrumento orientador de las políticas de desarrollo piscícolas regionales y nacionales; así como puede orientar los recursos financieros de las instituciones gubernamentales y del empresariado privado, interesados en la práctica de la piscicultura con base técnica y científica en la región amazónica.

## **2. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1 Materiales**

- a. Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000, imágenes de satélite Landsat TM5, TM7 y radar Jers-1 SAR.

### **2.2 Método**

#### **Criterios para determinar áreas con aptitud piscícola**

Para identificar las áreas con mayor potencialidad para el desarrollo de la piscicultura, se tuvieron en cuenta algunos criterios relacionados principalmente con Fisiografía (pendiente y las limitaciones por inundación), características del suelo y del clima; así como la oferta de agua de adecuada calidad y cantidad.

Para tal caso se realiza la recopilación y el análisis de la información bibliográfica y cartográfica sobre las características fisiográficas, edafológicas, climáticas e hidrológicas de la zona de estudio.

#### **Elaboración del Mapa Base Hidrográfico**

Con el programa SIG ARC VIEW®, las imágenes de satélite, debidamente georreferenciadas, se sobreponen las cartas nacionales para el afinamiento de la red hidrográfica, generándose un Mapa Base con la red hidrográfica, la red vial y principales poblados de la zona de estudio. El nivel de la escala de trabajo está relacionado con el área de estudio, ya sea a nivel de toda la Amazonía o a nivel de pequeñas áreas, como los distritos u otros, de acuerdo a la exigencia del estudio.

### **Elaboración del Mapa Fisiográfico**

El conocimiento de la fisiografía del terreno es fundamental para definir la dimensión de la infraestructura piscícola. Se determinan las unidades fisiográficas del terreno que reúnan las mejores condiciones para el desarrollo de la infraestructura piscícola. Los lugares que están ubicados en terrenos con pendiente suave comprendidas entre 2% y 5%, son considerados como los de mayor potencialidad, antes que los de pendiente menor a 2% ó mayor a 5% que determinan altos costos en la construcción de la infraestructura. Asimismo, se identifican aquellas unidades fisiográficas que no presentan inundación periódica debido al régimen de creciente y vaciante de los ríos. Por otro lado, unidades fisiográficas con relieve muy accidentado o fuertemente disectadas o periódicamente inundadas van a tener muy bajas condiciones para el desarrollo de la actividad piscícola.

Para determinar las características fisiográficas se construye una versión preliminar del Mapa Fisiográfico, donde se conjugan el Mapa Base y los estudios fisiográficos existentes de la zona de estudio. Mediante el empleo del programa SIG ARC VIEW®, se sobrepone el Mapa Fisiográfico preliminar sobre las imágenes de satélite y de radar. Se realiza la verificación de la información existente y se procede a delimitar las diferentes unidades fisiográficas (Zinck, 1987) (Villota, 1991) (Ministerio de Agricultura, Perú, 1975). Este método se basa en la delimitación y separación de unidades naturales fisiográficas teniendo en cuenta los elementos fotoidentificables, a través de la visión de la pantalla del computador; tales como: relieve, patrones de drenaje, formas y grados de pendiente, formas de erosión, de disección, etc. Con esta información se construye un segundo Mapa Fisiográfico preliminar para las respectivas verificaciones de campo. Con la información obtenida en el campo se procede a realizar las correcciones respectivas para obtener la versión final del Mapa Fisiográfico.

### **Elaboración del Mapa de Suelos**

El conocimiento de la calidad de los suelos también es fundamental para identificar los mejores terrenos para el desarrollo de la piscicultura. Con relación al suelo se van a determinar áreas que proporcionen mayor o menor permeabilidad al estanque, es decir, que presenten mayor retención de agua y menor tasa de infiltración. Los suelos que presentan mayor permeabilidad al agua, como los suelos arcillosos y arcilloso-arenosos son los mejores para la piscicultura que aquellos con alta porosidad, como los arenosos que permiten la filtración del agua de los estanques. En este último caso se requiere una mayor inversión para dar permeabilidad al estanque.

Para la determinar las características edafológicas se construye una versión preliminar del Mapa de Suelos, donde se conjugan el Mapa Base, el segundo Mapa Fisiográfico preliminar y los estudios de suelos existentes en la zona de estudio. Con el apoyo del programa SIG ARC VIEW®, se sobrepone el Mapa de Suelos preliminar sobre las imágenes de satélite y de radar. Se realiza la verificación de la información existente y se procede a delimitar las diferentes unidades de suelos a base del método de análisis fisiográfico (Zinck 1987) (Villota, 1991) (Ministerio de Agricultura, Perú, 1975), fundamentado en la estrecha relación que existe entre las formas de paisaje y las características de suelo que lo involucran (Zinck, 1987) (FAO, 1990) (Villota 1991) (INRENA, 1996) (Ministerio de Agricultura, Perú, 1975). Este método se basa en la delimitación y separación de unidades naturales de suelos con base en los elementos identificables a través de la visión, tales como: relieve, patrones de drenaje, formas y grados de pendiente, formas de erosión, de disección, etc. Con esta información se construye un segundo mapa preliminar de suelos para las respectivas verificaciones de campo. Para la verificación de las unidades de suelos en el campo se hizo la verificación y/o correlación de las unidades edáficas establecidas tentativamente en gabinete, con las respectivas unidades fisiográficas.

En cada unidad de suelos identificada se realizan calicatas, cuyo número depende del nivel del estudio y son debidamente georreferenciadas. En las calicatas, las capas u horizontes se describen cuidadosamente, anotando su espesor, color, textura, estructura, permeabilidad, consistencia, reacción o pH, y presencia de otros atributos, tales como: proporción de gravas, moteaduras y manchas, películas de arcilla, distribución de raíces, etc. Las anotaciones incluyen también aspectos del paisaje, describiendo el drenaje externo, relieve topográfico, erosión, pedregosidad superficial, inundaciones, etc. De igual manera, se anotan datos relativos al uso de la tierra y manejo de los suelos. Con la información obtenida en el campo y el Mapa Fisiográfico final, antes descrito, se procede a realizar las correcciones respectivas para obtener el Mapa de Suelos final.

### Elaboración del Mapa de Clima

Con relación a la variable clima, es fundamental el conocimiento de las áreas que presentan exceso o déficit de agua para la sostenibilidad de la actividad piscícola en el tiempo, debido a su incidencia en la construcción de la infraestructura necesaria para el abastecimiento de agua.

El componente clima se desarrolla a partir de los criterios del Sistema de Clasificación de Climas, de Thornthwaite (1984), que está inspirado en las necesidades hidrológicas y agrícolas antes que en consideraciones puramente climatológicas. La elaboración del Mapa Climático preliminar tiene como base cartográfica el segundo Mapa Fisiográfico antes descrito. Con el apoyo de las imágenes de satélite y la información meteorológica recopilada de la zona de estudio, se procede a delimitar los tipos climáticos (Thornthwaite, 1984) (SENAMHI, 2000). Paralelamente, se seleccionan las áreas que deben ser verificadas con visitas de campo, teniendo en consideración la información meteorológica y observando el relieve y vegetación de su entorno. La información obtenida en el campo y el Mapa Fisiográfico final antes descrito, permiten definir con mayor precisión las características y límites de las unidades climáticas representadas en el Mapa Climático definitivo.

### Determinación de la Calidad y Cantidad de Agua

El desarrollo de la piscicultura requiere áreas con cuerpos de agua que se encuentren exentas de contaminación o alguna amenaza que ponga en riesgo la cantidad y calidad del agua. Esta variable interviene como calificadora de las áreas con potencial piscícola.

Para determinar la calidad y cantidad de las aguas se eligen puntos de muestreo en los principales cuerpos de agua del Mapa Base, que son debidamente georeferenciados. Se realiza *in situ* el análisis del agua con relación a su temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y salinidad. También se colectan dos litros de agua, uno conservado con un mililitro de ácido nítrico concentrado, para el análisis de metales pesados, y el segundo, se refrigera para los análisis de nutrientes. Estos análisis se realizan en laboratorios especializados. Adicionalmente, se procede a realizar las mediciones de ancho, profundidad y velocidad de corriente del curso de agua, para finalmente efectuar los cálculos de su caudal. También se toma información relacionada con los periodos de creciente y vaciante del curso de agua, área inundable y material del lecho, entre otros.

### Elaboración del Mapa de Aptitud Piscícola

Como la información cartográfica elaborada tiene como base la variable Fisiografía, se procede a identificar unidades homogéneas del territorio que tienen la misma unidad cartográfica desde el punto de vista fisiográfico, de suelos y de clima (Tabla 1). Para cada unidad cartográfica se elabora una tabla de valores numéricos (del 1 al 3). Los valores más altos son para aquellas unidades cartográficas que proporcionan las mejores condiciones para el desarrollo de la piscicultura y los valores más bajos son para aquellas unidades cartográficas que proporcionan las peores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (Tabla 1).

Los valores de cada una de los atributos de las variables son sumados y, posteriormente, divididos entre tres para establecer diferentes niveles de importancia con relación a la aptitud piscícola, de acuerdo a los siguientes criterios:

**MUY ALTA:** Puntaje entre 2.7 a 3.0

**ALTA:** Puntaje entre 2.3 a 2.6

**MEDIA:** Puntaje entre 1.8 a 2.2

**BAJA:** Puntaje entre 1.4 a 1.7

**MUY BAJA:** Puntaje entre 1.0 a 1.3

Tabla 1: VARIABLE: FISIOGRAFÍA

GRADO DE APTITUD PISCÍCOLA	VALOR PISCÍCOLA	UNIDAD CARTOGRÁFICA DEL TEMA: FISIOGRAFÍA	UNIDAD CARTOGRÁFICA DEL TEMA: SUELOS	UNIDAD CARTOGRÁFICA DEL TEMA: CLIMA
MUY ALTO	3.0	Unidades fisiográficas que proporcionan las mayores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (p.e. las terrazas medias y altas con 2 a 5% de pendiente)	Unidades de suelos que proporcionan las mayores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (p.e. los suelos arcillosos o franco arcillosos)	Unidades de clima que proporcionan las mejores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (p.e. climas húmedos y cálidos)
	2.9			
ALTO	2.8			
	2.7			
	2.6			
	2.5			
	2.4			
MEDIO	2.3			
	2.2			
	2.1			
	2.0			
	1.9			
BAJO	1.8			
	1.7			
	1.6			
	1.5			
	1.4			
MUY BAJO	1.3			
	1.2			
	1.1			
	1.0	Unidades fisiográficas que proporcionan las peores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (p.e. las terrazas bajas inundables)	Unidades de suelos que proporcionan las peores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (p.e. los suelos arenosos)	Unidades de clima que proporcionan las peores condiciones para el desarrollo de la piscicultura (p.e. climas muy secos y muy fríos)

Finalmente, se identifican las áreas que presentan cuerpos de agua contaminados o con alguna amenaza de contaminación, con la finalidad de resaltar esta limitante para dicha área.

### 3. RESULTADOS

El producto fundamental del presente trabajo es el desarrollo del método para la determinación de las aptitudes piscícolas del territorio amazónico, el cual depende mucho de la exigencia del nivel del estudio. Para estudios a una escala macro, el mapa generado tiene una escala superior a 1:250,000, y se aplica para orientar las políticas de desarrollo piscícola; para estudios a una escala intermedia o meso escala, el mapa generado tiene una escala que puede variar entre 1:100,000 a 1:250,000 y se aplica para definir los planes y programas de desarrollo piscícola; y, para estudios a micro escala, el mapa generado tiene una escala inferior a 1:100,000 y se aplica para la implementación de proyectos de desarrollo piscícola.

El método desarrollado permite determinar las áreas más adecuadas para el fomento de la piscicultura a nivel comercial, identificadas con el nivel muy alto y alto; mientras que las áreas para desarrollar la piscicultura a nivel de subsistencia se consideran son las de nivel medio y bajo. Las áreas que no presentan vocación piscícola son aquellas que presentan nivel muy bajo. Posteriormente, entre las áreas con niveles muy alta y alta aptitud piscícola se determinan las áreas que tienen prioridad en el desarrollo de la actividad piscícola. Para determinar la prioridad se tienen en cuenta los siguientes criterios: áreas que tienen acceso mediante una carretera o río y cercanos a un centro poblado, que faciliten el transporte y comercialización del producto.

### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los estudios sobre la aptitud piscícola de una determinada región se basan fundamentalmente en la presencia de ambientes acuáticos y en la calidad de las aguas, las cuales proporcionan información de cuánto de espejo de agua existe y qué calidad ambiental presentan los cuerpos de agua para el desarrollo de la vida acuática (REMOC, 2002) (González, 2003) (PRODUCE, 2004) (Beamonte et al. s/f). Para nuestro caso, además de determinar esos parámetros, adicionamos la oferta de territorio que existe para la construcción de estaciones piscícolas, con la finalidad de impulsar el desarrollo de la piscicultura a nivel comercial, como lo determinan Kapetsky & Nath (1997). A través del desarrollo de la presente metodología se proporciona un instrumento de planificación, puesto que se ofrece un mayor conocimiento del potencial y limitaciones del territorio con relación al desarrollo de la piscicultura. Esta metodología va a formar parte de una propuesta de Zonificación Ecológica Económica y del proceso de Ordenamiento Territorial, instrumentos básicos para una adecuada gestión del desarrollo sostenible de la Amazonía. Estos instrumentos permitirán un mejor uso de los recursos naturales, puesto que harán posible determinar las zonas que poseen mayor potencialidad para llevar a cabo proyectos de desarrollo piscícola, pretendiendo mejorar las condiciones de vida de la población y tratando de evitar, o corregir, problemas ambientales (IIAP-CTAR & Loreto-AECI, 2002).

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- BARTHEM, R. & GOULDING, M. 1997. Os bagres balizadores: Ecología, Migração e Conservação de peixes amazônicos. Sociedade Civil Mamirauá. MCT – CNPq.
- BEAMONTE, E.; BERMÚDEZ, J.; CASINO, A. y VERES, E. s/f. Medición de la calidad del agua. Un índice estocástico aplicado al caso del agua piscícola del río Turia (Valencia). Generalitat Valenciana con cargo al proyecto GV04B- 221. 12 p. <http://www.uv.es/sestio/TechRep/tr09-04.pdf>
- DEZA, S.; QUIROZ, S.; REBAZA, M. & REBAZA, C. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818) «Paco» en estanques seminaturales de Pucallpa. Folia Amazónica, vol. 13(1-2): 49-62.
- FAO. 1990. Mapa Mundial de Suelos. Versión en Español preparada por: Carballas, T, Macías, F; Díaz-Fieros, F.; Carballa, M.; Fernández- Urrutia, J. Santiago de Compostela (España) Sociedad Española de Ciencia del Suelo 142 p.
- GONZÁLEZ, M.R. 2003. Desenvolupament d'un analitzador automatic per a la monitorització d'ió fosfat en aigües superficials. Memòria presentada per optar el grau de doctor en Química. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, España. 81 p.
- IIAP-CTAR & LORETO-AECI. 2002. Iquitos - Nauta: Zonificación Ecológica Económica para el desarrollo sostenible. Iquitos, Perú. 102 p.
- IIAP-IICA-PROCITRÓPICOS. 2005. Taller Internacional para el Desarrollo de la Acuicultura Continental en la Amazonía. CD. Del 3 al 5 de octubre del 2005. Iquitos, Perú.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) . 1996. Mapa de Suelos del Perú. Lima. 61 p.
- ISMIÑO, R. & ARAUJO-LIMA, C. 2002. Efecto del amoníaco sobre el crecimiento de la gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818). Folia Amazónica, vol. 13(1-2): 41-48.
- KAPETSKY, J.M.; & NATH, S.S. 1997. Una evaluación estratégica de la potencialidad para piscicultura dulceacuícola en América Latina. *COPESCAL Documento Técnico*. No. 10. Roma, FAO. 1997. 125p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1975. Reglamento de Clasificación de Tierras. Decreto Supremo N° 0062/75-AG Perú, Lima.
- PADILLA, P.P.P.; ALCÁNTARA, B.F. & ISMIÑO, R. O. 2001. Reproducción inducida de la Doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario larval. Folia Amazónica, vol. 12 (1-2): 141-155.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2002. Memoria anual 2001. Iquitos, Perú. 69 p.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2003. Memoria anual 2002. Iquitos, Perú. 75 p.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2004. Memoria anual 2003. Iquitos, Perú. 61 p.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2005. Memoria anual 2004. Iquitos, Perú. 81 p.
- PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2004. Mapa de las potencialidades en Acuicultura. 5 p. Lima.
- REBAZA, C.; VILLAFANA, E.; REBAZA, M. & DESA, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachipomus* «paco» en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. Folia Amazónica, vol 13 /1-2): 121-134.

REMOC (Red Mediterránea de Organismos de Cuenca). 2002. Diagnóstico de la calidad de las aguas. Año Hidrológico 2002. Cuenca Piloto del Júcar. <http://www.chj.es/cgi-bin/calidad2002.asp>

SENAMHI. 2000. Mapa de clasificación Climática del Perú. Lima.

TELLO, S. & BAYLEY, P. 2001. La Pesquería Comercial en Loreto con Énfasis en el Análisis de la Relación entre Captura y Esfuerzo Pesquero de la Flota Comercial de Iquitos, Cuenca Amazónica, Perú. *Folia Amazónica*, vol. 12 (1-2): 123-140.

THORNTHWAITE. 1984. Instructivo para la Clasificación de Climas. Segundo Sistema. Ing. César Fajardo. Lima. IPAAM. 130 p.

VILLOTA, H. 1991. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. IGAC-Bogotá. 212 p.

ZINCK, A. 1987. Aplicación de la Geomorfología al Levantamiento de Suelos en Zonas Aluviales. Bogotá D.E., 178 p.