



INFORME TÉCNICO FINAL DE CIERRE DEL SUBPROYECTO

“Mejoramiento genético y producción intensiva de alevinos seleccionados de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1776) en la Amazonía peruana”.

Equipo Técnico del Subproyecto:

Dra. Carmen Rosa García Dávila (Coordinadora Técnica)
M.Sc. Salvador Tello Martín (Coordinador General)

Investigadores del IIAP:

- Dr. Fernando Alcántara Bocanegra
- M.Sc. Rosa Ismiño Orbe
- Dr. Fred Chu Koo
- M.Sc. Aurea García Vásquez
- M.Sc. Carlos Chávez Veitemilla

Investigadores del IRD:

- Dr. Jesús Núñez Rodríguez
- Dr. Jean François Renno
- Dr. Etienne Baras
- Dr. Fabrice Duponchelle

Tesistas:

Blgos.: Diana Castro Ruiz, Javier Augusto Rodríguez Bravo (postgrado); Br.: Fabiola Lozano Ancani, José Luis Villacorta Monzón, Freccia Isla Tamani, Christian Jesús Fernández Méndez (Pregrado),

Colaboradores:

Blgos. : Werner Chota, Luis Moya.

Iquitos, Octubre de 2010

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento es el informe final del subproyecto **“Mejoramiento genético y producción intensiva de alevinos seleccionados de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1776) en la Amazonía peruana”**, propuesta ejecutada por la alianza IIAP-IRD y financiada por el PIEA-INCAGRO en el periodo comprendido entre febrero de 2008 y setiembre de 2010. Entre los resultados más saltantes podemos mencionar que se logró el

- 1) **desarrollo de una metodología para la determinación del parentesco de larvas de peces obtenidos por fecundación combinada**, a través del uso de marcadores moleculares microsatélites para la genotipificación de progenitores y progenie,
- 2) **la generación de información sobre el manejo alimenticio de la progenie de doncella**, mediante estudios que han llevado al desarrollo de protocolos de adaptación al consumo de alimento balanceado, así como las tasas y frecuencias de alimentación óptimas en larvas y alevinos,
- 3) **el desarrollo de tecnologías de manejo de larvas y alevinos de doncella**, a través de la generación de información referida al manejo de larvas y de alevinos producidos en ambientes controlados (larvas en circuito cerrado y unidades experimentales; alevinos en estanques piscícolas y jaulas flotantes), identificación de agentes patógenos y manejo sanitario y temperatura óptima de crecimiento, orientados a mejorar las tasas de sobrevivencia en cautiverio,
- 4) **generación de información acerca del crecimiento y variabilidad genética de la doncella en las principales cuencas amazónicas**, determinado a través de los análisis de estructuras sólidas y de marcadores moleculares microsatélites,
- 5) **generación de información a cerca de caracterización especies de genero *Pseudoplatystoma* en la amazonía peruana**, a través del análisis Morfométrico (análisis multivariado) y molecular (microsatélites) para la búsqueda de posibles híbridos naturales o complejos de especies,
- 6) **la publicación de 1 artículo en revista internacional y tres resúmenes científicos en evento internacional**, así como la aceptación de **dos artículos** en revista nacional, la presentación de **un artículo** a revista internacional, y la preparación del borrador de otros **dos artículos** mas para revistas extranjeras,
- 7) **la capacitación en el extranjero de dos profesionales del IIAP** en la construcción de genotecas,
- 8) **la contribución a**

la formación de seis nuevos profesionales, 9) **el financiamiento** de dos tesis de maestría y cuatro tesis de pre-grado, y 10) **el fortalecimiento institucional** del IIAP en tecnologías y procesos para el estudio de esta especie.

Estos resultados contribuyeron a la consecución de la finalidad del subproyecto, que fue la de: Contribuir al mejoramiento de los ingresos de los acuicultores mediante el manejo sostenido de la doncella.

I. INTRODUCCIÓN

La doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* es una especie de gran demanda en el mercado regional por la calidad de su carne, que, íntegramente procede de la pesca en ambientes naturales (Kossowski *et al.*, 1996; Goulding 1980; Reid, 1983; Tello & García, 2009). Datos de desembarque pesquero de la Dirección de Producción indican, que en los años 1999 a 2007 la doncella ocupó el primer lugar en los desembarques de peces de cuero en la región (valores de desembarque que oscilaron entre 162,00 a 349.77 toneladas) y que la doncella es capturada a partir de tallas inferiores a la primera maduración sexual (Montreuil, 2000), lo que estaría causando una disminución de sus poblaciones naturales, con la consecuente erosión genética (Barthem *et al.*, 1997; Tello & García, 2009).

La piscicultura de la doncella es una alternativa para disminución de la presión de pesca sobre sus poblaciones naturales y una excelente alternativa económica para los pobladores amazónicos (García *et al.*, 2009). Las características favorables para su cultivo son: altas tasas de crecimiento (1,2 kg y 45 cm en 18 meses), óptima calidad de filete, gran fecundidad (150000 óvulos/kg), resistencia a la manipulación, enfermedades y adaptación a dietas balanceadas (Padilla *et al.*, 2001; Nuñez *et al.*, 2009). Sin embargo en estos momentos, La piscicultura de la doncella se ve afectado por la limitada producción de alevinos y las altas tasas de mortalidad en las primeras fases de vida (Montalván, 2008; Nuñez *et al.*, 2009).

El IIAP desde antes del 2008 viene obtenido logros importantes en la producción de alevinos de doncella en ambientes controlados. Sin embargo, era necesario mejorar la tecnología de inducción hormonal para asegurar la producción sostenida de alevinos en cantidad suficiente para dar soporte a

programas de cultivos intensivos. Asimismo se requería incrementar el conocimiento sobre la heredabilidad de los caracteres seleccionables de los progenitores a la progenie, alimentación (exigencias proteicas de las larvas y alevinos en esa fase de vida, tasas y frecuencias alimenticias adecuadas) y condiciones de cultivo en ambientes controlados (conocimiento de las características físico-químicas del agua, control de parásitos, densidades de siembra) durante las primeras fases de vida. Minimizándose los niveles de mortalidad por canibalismo. Por otro lado, también se requería aumentar los conocimientos sobre la variabilidad genética, flujo genético, crecimiento (rasgos de vida) y determinación de stock pesqueros en poblaciones naturales, estableciendo los límites genéticos entre esta especie y sus parientes cercanos, de tal manera que se pueda contar con información de base para la determinación de potenciales reproductores (evitando problemas futuros por consanguinidad o hibridación entre especies crípticas). Por el que objetivo del presente subproyecto fue:

En ese sentido, el subproyecto **“Mejoramiento genético y producción intensiva de alevinos seleccionados de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1776) en la Amazonía peruana”** fue diseñado con la finalidad de dar un paso sustancial en el establecimiento del cultivo de la doncella en la amazonía peruana, generando nueva información sobre su reproducción inducida y el manejo de sus alevinos en condiciones de cautiverio.

Para la consecución de esta finalidad se formulo como objetivo central del subproyecto: **Generar conocimientos para la producción de alevinos con características selectas (sin canibalismo, y de rápido crecimiento).** El cual fue desagregado en los siguientes objetivos específicos: **1) Generar tecnología en la producción inducida de alevinos, 2) Identificar los caracteres biológicos seleccionables para ser usados en un proceso de domesticación de la doncella, 3) Evaluar el nivel de variabilidad genética y biológica de poblaciones naturales, 4) Diseñar un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella y 5) Fortalecer las instituciones de la alianza en caracterización molecular y producción inducida de alevinos.**

Para lograr los objetivos y garantizar el éxito del subproyecto; se ha previsto 5 ejes de intervención o componentes:

- C1. Producción inducida de alevinos.
- C2. Estudio de los caracteres biológicos utilizables en la domesticación de la doncella.
- C3. Diseño y evaluación de un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.
- C4. Evaluación de la variabilidad genética y de los rasgos de vida de la doncella en la Amazonía peruana.
- C5. Fortalecimiento institucional en caracterización molecular y producción inducida de alevinos de doncella.

II. OBJETIVO DEL INFORME FINAL

Evaluar los resultados alcanzados en función a los objetivos planteados durante la ejecución del subproyecto “Mejoramiento genético y producción intensiva de alevinos seleccionados de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1776) en la Amazonía peruana” para medir el grado de cumplimiento y de ser posible, el impacto generado en la población beneficiaria.

III. SINTESIS DEL SUBPROYECTO

1.1 Ámbito de acción del subproyecto

La mayor parte de las actividades de investigación relacionadas al subproyecto fueron desarrolladas en las instalaciones piscícolas y laboratorios especializados ubicados en el Centro de Investigaciones de Quistococha, perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Tareas complementarias de colectas de peces y muestras biológicas fueron realizadas en diversas localidades de los ríos Ucayali (Región Ucayali), Marañón, Amazonas y Putumayo (región Loreto).

1.2 Período de ejecución y monto de financiamiento

El período total de ejecución del subproyecto fue de 30 meses (enero 2008 hasta setiembre 2010). El subproyecto llega a su término, de acuerdo al cronograma de actividades definido en una segunda addenda solicitada por el INCAGRO, y cuya fecha límite fue el 30 de setiembre de 2010.

El costo total del subproyecto asciende a la suma de S/. 908,007.34 nuevos soles. De este monto, el aporte monetario de INCAGRO fue de S/. 347,000.00 nuevos soles. Como aportes no monetarios los miembros de la alianza estratégica (IIAP e IRD) contribuyeron con S/. 327,655.34 y S/. 223,352.00 nuevos soles, respectivamente.

1.3 Fin del subproyecto

Contribuir al mejoramiento de los ingresos de los acuicultores mediante el manejo sostenido de la doncella.

1.4 Propósito del subproyecto

Generar conocimientos para la producción de alevinos de doncella con características selectas (sin canibalismo y de rápido crecimiento) en la Amazonía peruana.

1.5 Componentes del subproyecto

El subproyecto desarrolló cinco (5) componentes:

- **C1. Producción inducida de alevinos.** Con la finalidad de Para generar y validar tecnología en reproducción inducida para la producción sostenida de alevinos en cautiverio.
- **C2. Estudio de los caracteres biológicos utilizables en la domesticación de la doncella.** Para generar conocimiento sobre la heredabilidad de los caracteres biológicos seleccionables (canibalismo, fertilidad, sobrevivencia, crecimiento, resistencia a las enfermedades, etc.) de los progenitores a la progenie.

- **C3. Diseño y evaluación de un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.** Con la finalidad de generar información científica que permita elaborar protocolos de manejo alimenticio y sanitario de las crías, que contribuyan a: lograr altas tasas de sobrevivencia de alevinos en condiciones de manejo en acuicultura.
- **C4. Evaluación de la variabilidad genética y de los rasgos de vida de la doncella en la Amazonía peruana.** Para generar conocimientos de la variabilidad genética y biológica de la doncella en las poblaciones naturales que sirva de base para la selección futuros stocks de reproductores sin problemas de consanguinidad.
- **C5. Fortalecimiento institucional en caracterización molecular y producción inducida de alevinos de doncella.** Para permitir que los miembros de la alianza estratégica fortalezcan sus capacidades en equipamiento, infraestructura, técnicas, métodos y procesos de estudio e investigación de la doncella.

1.6 Actividades desarrolladas

Las actividades desarrolladas durante todo el periodo de ejecución del subproyecto son las siguientes:

Componente 1. Producción inducida de alevinos.

- Adquisición de 56 reproductores de doncella y marcación con chips electromagnéticos internos (PIT Tags) para el Centro de Investigaciones Quistococha.
- Caracterización genética de reproductores mediante 06 marcadores microsatélites.
- Selección de reproductores para inducción hormonal (en base a su perfil genético).
- Optimización del protocolo de inducción hormonal para reproducción inducida de doncella.

- Obtención de larvas de doncella en tres campañas de inducción hormonal. Produciéndose en promedio 900,000 larvas en 2008, 1`200,000 en 2009 y 950,000 en 2010. Con “dosis preparatoria” para hembras de 10% (0.26 ml/kg de peso corporal) y machos de 50% (1.3 ml/kg de peso corporal). “Dosis ovulatoria” de hembras de 90% (2.34 ml/kg de peso corporal) y machos de 50% (1,3 ml/kg de peso corporal).
- Implementación de ensayo de fecundación combinada en reproductores de doncella. En el primer ensayo se utilizaron 4 machos y tres hembras, en el segundo tres machos y tres hembras. Produciéndose un total de 13 familia.
- Redacción de los protocolos de inducción hormonal y de fecundación combinada.
- Redacción del informe técnico de las experiencias.

Componente 2. Estudio de los caracteres biológicos utilizables en la domesticación de la doncella.

- Fueron realizados dos baterías de ensayos para evaluar el canibalismo y crecimiento en crianza comunal (primero en el 2008 y segundo en el 2009).

- Para lo cual aproximadamente 1000 embriones fueron transferidos al sistema de circuito cerrado por tres réplicas, donde fueron mantenidos en completa oscuridad por un periodo de 26 días. La alimentación fue suministrada a partir del tercer día post-fertilización (dpf) y consistió en nauplios de artemia, con una frecuencia de cinco veces al día (7:30, 10:30, 13:30, 16:30 y 19:30).
- Se realizaron tres muestreos al azar, con tres repeticiones y en las tres etapas de desarrollo de la progenie o controles. El control 1 consistió en una colecta de embriones y fue realizado a 1 dpf (día post fertilización). El control 2 fue realizado a los cinco días (larvas de 5 dpf). Finalmente el control 3 a los 26 días (juveniles de 26 dpf). Para cada control se colectaron al azar 50 individuos entre las tres repeticiones, haciendo un total de 150 individuos.

- Identificación de los progenitores, para lo cual cada individuo fue fotografiado y genotipado mediante los perfiles de los microsatélites de los seis loci.
- Elaboración de un manuscrito sobre determinación molecular de parentesco en larvas de doncella, para su publicación en una revista científica.
- Elaboración del manuscrito: Variability of early life history traits in *Pseudoplatystoma punctifer* larvae: maternal and paternal effects (sometido a la revista *Aquaculture research*).
- Elaboración del manuscrito: Dynamics of cannibalism and fin nipping in cultured larvae and juveniles of the doncella *Pseudoplatystoma punctifer* (en revision final para ser sometido a la revista *Aquaculture research*).
- Elaboración del manuscrito: Ontogenetic variation of food intake and gut evacuation rate in larvae of the doncella *Pseudoplatystoma punctifer*, as measured with by a non-invasive observational method (en revision final para ser sometido a la revista *Aquaculture research*).
- Elaboración de resumen científico: Variability of early life history traits in *Pseudoplatystoma fasciatum* larvae: maternal and paternal effects, presentado en la 2da. Conferencia Latinoamericana de Cultivo de Peces Nativos, realizado en noviembre del 2009 en Chascomus, Argentina.
- Elaboración de resumen científico sobre: ontogenetic variation of food intake and gut evacuation rate in cultured larvae of doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*. presentado en la 2da. Conferencia Latinoamericana de Cultivo de Peces Nativos, realizado en noviembre del 2009 en Chascomus, Argentina.
- Elaboración de resumen científico sobre: Dynamic of cannibalism and fin nipping in cultured doncella *Pseudoplatystoma fasciatum*. realizado en noviembre del 2009 en Chascomus, Argentina.

Componente 3. Diseño y evaluación de un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.

- Realización de un estudio sobre el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y en la sobrevivencia de alevinos de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*, Linnaeus 1766) en jaulas flotantes.
- Elaboración de un protocolo de monitoreamiento de condiciones sanitarias, calidad de agua y control de parásitos de doncella.
- Elaboración y optimización de un protocolo sobre aspectos nutricionales de alevinos de doncella.
- Elaboración del artículo científico: Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (sometido a publicación en Folia Amazónica)
- Realización de un estudio sobre Adaptación al consumo de alimento balanceado, crecimiento y sobrevivencia de alevines de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), en relación con el origen genético.

Componente 4. Evaluación de la variabilidad genética y de los rasgos de vida de la doncella en la Amazonía peruana.

- Colección de muestras biológicas de doncella (tejidos musculares, vertebras) en cuatro cuencas hidrológicas (Amazonas, Ucayali, Marañón y Putumayo).
- Elaboración de un artículo sobre: Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): Biogeographic and evolutionary implications. (publicado en la revista Molecular Phylogenetics and Evolution 51: 558-494).
- Realización de un estudio sobre la variabilidad Genética Poblacional de *Pseudoplatystoma punctifer* en la Amazonía peruana.

- Realización de un estudio sobre la comparación del crecimiento de la Doncella, *Pseudoplatystoma punctifer*, en las principales cuencas de la Amazonía Peruana.
- Realización de un estudio sobre la caracterización Morfológica y Molecular de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) y *Pseudoplatystoma tigrinum* (Valenciennes, 1840) y Búsqueda de Posibles Híbridos Naturales Utilizando Marcadores Moleculares.

Componente 5. Fortalecimiento institucional en caracterización molecular y producción inducida de alevinos de doncella..

- Capacitación del personal profesional del subproyecto.
- Apoyo en el financiamiento total o parcial y en la asesoría científica de seis tesis (dos de maestría y cuatro de pre-grado).
- Adquisición de equipos e inversiones en infraestructura en el Centro de Investigaciones Quistococha.
- Publicación de artículos científicos en revistas.
- Participación en evento científico en la 2da. Conferencia Latinoamericana sobre el Cultivo de Peces Nativos, (Chacomús, Argentina) con la presentación de tres trabajos sobre larvas de doncella.
- Desarrollo de actividades seguimiento y evaluación de la marcha del subproyecto.

IV. RESULTADOS

4.1 Cumplimiento de los indicadores, según el marco lógico.

Para facilitar la evaluación de los logros alcanzados por el subproyecto, se utilizará parte de la matriz del marco lógico original del estudio, resaltando los productos alcanzados y aquellos que no se pudieron lograr en cada componente.

DESCRIPCIÓN	INDICADOR PROPUESTO	LOGRO DEL INDICADOR	% LOGRADO DEL INDICADOR	OBSERVACIONES
FIN- Contribuir al mejoramiento de los ingresos de los acuicultores mediante el manejo sostenido de la doncella.	I1- Después de 4 años de finalizado el proyecto, se ha incrementado el ingreso promedio de las familias dedicadas a la acuicultura.	Generación de las bases técnicas y científicas permitirá en pocos años el establecimiento del cultivo de la doncella en la amazonía.	15%	Si bien en estos momentos existe una insipiente piscicultura de la doncella pero las bases en conocimiento y metodologías generadas en el subproyecto permitirán en pocos años su implementación y por ende el incremento del nivel de ingreso de las familias involucradas en esta actividad.
PROPOSITO- Generar conocimientos para la producción de alevinos de doncella con características selectas (sin canibalismo y de rápido crecimiento) en la Amazonía peruana.	R1- Al término del subproyecto, se cuenta con 01 sistema de producción de alevinos de doncella con características selectas.	Se cuenta con información técnica y científica sobre el cultivo de doncella	100%	Se logro general información sobre la reproducción inducida, fecundación combinada, heredabilidad de caracteres que nos permite al IIAP contar con un paquete tecnológico para la producción y manejo de alevinos con mínimos niveles de canibalismo.
	R2-Al término del proyecto institucionalidad fortalecida para el cultivo de la doncella	La alianza quedo fortalecida por las metodologías y conocimientos obtenidos en el desarrollo del subproyecto.	100%	
Componente 1- Reproducción inducida de alevinos..	P11: A los 12 meses de iniciado el subproyecto, se cuenta con 01 método eficaz de reproducción de doncella mediante inducción hormonal.	Se cuenta con 01 protocolo de inducción hormonal para reproducción en cautiverio de doncella	100%	El protocolo fue optimizado y validado existosamente por dos eventos reproductivos.
	P12:Al término de 12 meses de iniciado el subproyecto, se cuenta con 01 método del proceso de fecundación combinada de huevos doncella.	Se cuenta con 01 protocolo de fecundación combinada de huevos de doncella	100%	La información generada se podrá ser aplicada a otras especies de peces para estudios de caracteres hereditarios.
Componente 2- Estudio de los caracteres biológicos utilizables en la domesticación de la doncella.	P21: Al término de 24 meses de iniciado el subproyecto se conoce el nivel de canibalismo, sobrevivencia y crecimiento de larvas de doncella.	Se cuenta con tres artículos científicos sobre larvas y alevinos de doncella. Tesis de pregrado.	100%	Meta superada largamente. Abundante producción científica del equipo.
	P22. Al término de los 24 meses de iniciado el subproyecto se conoce la heredabilidad de caracteres relevantes.	Se presenta el documento técnico de la experiencia (tesis de maestría). y un artículo sobre determinación de parentesco de larvas de doncella	100%	Meta cumplida a cabalidad.
	P23. A los 36 meses de iniciado el subproyecto se cuenta con un lote de alevinos con características deseables.	Se presenta un informe técnico sobre obtención y manejo en cautiverio de alevinos de doncella	100%	Se cuenta con un lote de alevinos de doncella adaptados a alimento balanceado.
Componente 3- Diseño y evaluación de un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.	P31: Al término del subproyecto, se cuenta con un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.	01 artículo científico sobre frecuencia alimenticia y 02 protocolos sobre aspectos nutricionales y sanidad acuicola. Informe de tesis de	100%	Meta cumplida a cabalidad.

		pregrado		
Componente 4- Evaluación de la variabilidad genética y de los rasgos de vida de la doncella en la Amazonía peruana.	P41-: Al término de 24 meses de iniciado el subproyecto, 4 poblaciones de doncella caracterizadas genéticamente y por sus rasgos de vida.	Se presenta los documentos técnicos del estudio (tesis de maestría y tesis de pregrado).	100%	Meta cumplida a cabalidad.
	P42- Al término de 24 meses de iniciado el proyecto, se ha caracterizado el efecto de la explotación urbana sobre los stocks pesqueros.	Se presenta el documento técnico del estudio (tesis de pregrado).	100%	Este indicador fue modificado en coordinación con INCAGRO. Los resultados darán mucha prestancia al equipo debió a que se reporta la presencia de dos especies crípticas dentro de doncella.
	P43- Al término de los 36 meses se cuenta con la identificación de por lo menos 01 población natural para la extracción de futuros reproductores.	01 mapa geográfico de la variabilidad genética y de crecimiento de poblaciones naturales de doncella.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Componente 5- Fortalecimiento institucional en caracterización molecular y producción inducida de alevinos de doncella.	51- Al término del subproyecto, se cuenta con: Laboratorios e infraestructura de la alianza fortalecidos	Construcción de 12 estanques de tierra para crianza de alevinos. Adquisición de 06 equipos para fortalecer los estudios.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
	52- Fortalecimiento de los miembros de la alianza por la participación en 01 curso de capacitación internacional y 02 eventos científicos internacionales.	Informes de curso de capacitación y resumen de comunicación científica.	100%	El subproyecto cubrió la capacitación de una investigadora del IIAP y de la coordinadora técnica en curso de capacitación en Brasil.
	53- Formación de 04 magísteres en ciencias, 02 biólogos y publicación de 03 artículos científicos en revistas indexadas concluidos.	02 tesis de maestría y 04 tesis de pregrado concluidas a espera de sustentación, financiados en el subproyecto. 01 artículo publicado, 02 aceptados, 01 artículo sometido y dos artículos en revisión final. 01 resumen presentado a congreso publicados por el subproyecto.	100%	Meta superada largamente. Abundante producción científica del equipo

4.2 Resultados por actividades

Componente 1: Producción inducida de alevinos				
ACTIVIDAD	INDICADOR PROPUESTO	LOGRO DEL INDICADOR	% LOGRADO DEL INDICADOR	OBSERVACIONES
Adquirir reproductores y marcar con microchips.	Al término de 06 meses de iniciado el subproyecto se adquirió 30 reproductores y se termino la marcación de un total 80 reproductores.	45 reproductores adquiridos y un total de 56 reproductores identificados con microchips.	100%	En coordinación con INCAGRO se reprogramo el lote de reproductores para el estudio de 80 a 56.
Caracterizar y seleccionar mediante genética molecular reproductores de doncella.	Al término de 12 meses de iniciado el subproyecto, se ha caracterizado y seleccionado molecularmente mediante microsatélites 30 progenitores de doncella.	56 reproductores caracterizados con 06 microsatélites.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Obtener alevinos aplicando ensayos de inducción hormonal y fecundación combinada.	Al término de 12 meses de iniciado el subproyecto, se cuenta con 02 protocolos, 01 de inducción hormonal y 01 de ensayos de fecundación combinada en doncella.	02 protocolos optimizados: 01 sobre inducción hormonal y 01 de fecundación combinada	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Componente 2- Estudios de los caracteres biológicos utilizables en la domesticación de la doncella.				
Monitorear y comparar larvas en circuitos cerrados (nivel de canibalismo, sobrevivencia y crecimiento).	Al término de 12 meses de iniciado el subproyecto, un protocolo de evaluación del nivel de canibalismo, sobrevivencia y crecimiento de larvas de doncella.	01 protocolo de evaluación de larvas en circuito cerrado.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
	Al término de 24 meses de iniciado el subproyecto se conoce el nivel de canibalismo, sobrevivencia y crecimiento de larvas de doncella.	01 tesis de pregrado sobre sobrevivencia y crecimiento de larvas de doncella. 03 resúmenes científicos.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Monitorear y analizar mediante genética molecular caracteres hereditarios relevantes en crías de doncella.	Al término de 12 meses de iniciado el subproyecto un protocolo de caracterización molecular de larvas.	01 protocolo de determinación de parentesco de larvas de doncella.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
	Al término de los 12 meses de iniciado el subproyecto, 100 larvas caracterizadas.	150 larvas caracterizadas mediante 06 marcadores microsatélites.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Obtener alevinos de doncella con características deseables.	Al término de los 24 meses de iniciado el subproyecto se conoce la heredabilidad de caracteres relevantes.	01 tesis de postgrado sobre la reproducción y el crecimiento en función del origen genético	100%	Meta cumplida a cabalidad.
	A los 36 meses de iniciado el subproyecto se cuenta con un lote de alevinos con características deseables.	Se cuenta con un lote de 200 alevinos de doncella adiestrados a comer alimento balanceado.	100%	Meta cumplida a cabalidad.

Componente 3- Diseño y evaluación de un sistema de cultivo de alevinos de doncella.				
Evaluar la capacidad de estabulación de alevinos de doncella en unidades experimentales.	Al término de los 24 meses de iniciado el subproyecto, se tiene 01 protocolo de evaluación de la capacidad de estabulación de doncella.	01 protocolo de evaluación de la capacidad de estabulación de doncella.	100%	El cumplimiento de todas las actividades de este componente han dado como resultado final el diseño de un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.
Determinar la tasa y la frecuencia de alimentación de crías de doncella.	Al término de 30 meses de iniciado el subproyecto, 01 protocolo de tasa y frecuencia de alimentación de crías de doncellas.	01 protocolo sobre aspectos nutricionales. 01 tesis de pregrado sobre densidad de siembra en el crecimiento y en la sobrevivencia de alevinos de doncella.	100%	
Monitorear las condiciones sanitarias, calidad de agua y control de parásitos.	Al término de los 36 meses de iniciado el subproyecto, se cuenta con 02 protocolos: 01 sobre condiciones sanitarias y calidad de agua; y 01 sobre control de parásitos en alevinos de doncella.	01 protocolo sumalizando el control de las condiciones sanitarias y calidad de agua; y el control de parásitos en alevinos de doncella.	100%	
Diseñar un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.	Al término del subproyecto, se cuenta con el diseño de 01 sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.	01 estudio sobre un sistema de cultivo intensivo de alevinos de doncella.	100%	
Componente 4- Evaluación de la variabilidad genética y de los rasgos de vida de la doncella en la Amazonía peruana.				
Colectar material biológico de doncella en poblaciones naturales.	Al término de 24 meses de iniciado el subproyecto, se ha realizado 12 colectas de material biológico en 06 cuencas de ríos Amazónicos.	Banco de 661 muestras biológicas de doncella proveniente de los ríos Amazonas, Ucayali, Marañón, Putumayo, Nanay Madre de Dios, en el Perú; Beni, Itenez y Mamoré en Bolivia.	100%	Meta superada largamente.
Caracterizar la variabilidad genética molecular de poblaciones naturales de doncella.	Al término de 24 meses de iniciado el subproyecto, 06 poblaciones caracterizadas genéticamente.	01 tesis de postgrado sobre variabilidad genetica de Pseudoplatystoma punctifer (Castelnau, 1855) en la amazonía peruana y boliviana.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Caracterizar los rasgos de vida de las poblaciones naturales de doncellas.	Al término de, 06 poblaciones caracterizadas por sus rasgos de vida a los 30 meses de iniciado el subproyecto.	01 tesis de pregrado sobre Crecimiento de la doncella, en las Principales Cuencas de la Amazonía Peruana.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Caracterizar el efecto de la explotación urbana de la doncella sobre los stocks pesqueros.	Al término de 24 meses de iniciado el proyecto, se ha caracterizado el efecto de la explotación urbana sobre los stocks pesqueros.	01 tesis de pregrado sobre Caracterización morfológica y molecular de la doncella y tigre zungaro e identificación de posibles híbridos naturales	100%	En esta meta se a descubierto mas de una especie dentro de la doncella (complejo de especies), esto dará mucha prestancia a la alianza.
Análisis de resultados para identificación de nuevos stocks de reproductores.	Al término de los 36 meses se cuenta con la identificación de por lo menos 01 población natural para la extracción de futuros reproductores.	01 mapa geografico de la variabilidad genetica y de crecimiento de la doncella en poblaciones naturales	100%	Meta cumplida a cabalidad.

Componente 5- Fortalecer las instituciones en caracterización molecular y producción inducida de alevinos de doncella.				
Mejorar la infraestructura de la alianza.	Al término de los 12 meses de iniciado el subproyecto, se cuenta con instituciones fortalecidas por la construcción de 12 pozas de alevinaje de la Alianza.	12 estanques de tierra de 6 x 12 x 1.3 para crianza de alevinos.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Adquirir equipos para la alianza.	Al término del subproyecto se cuenta con laboratorios fortalecidos por la adquisición de equipos.	06 equipos adquiridos para fortalecer las investigaciones de la alianza en peces amazónicos.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Capacitar miembros de la alianza estratégica.	Al término del subproyecto, se ha participado en 01 curso de capacitación internacional y 02 eventos científicos internacionales.	Dra. Carmen García y Blga. Diana castro actualizaron sus conocimientos en la construcción de genotecas para búsqueda de marcadores microsatélites en curso realizado en el 2010 en Brasil. En el 2009 la Dra. Carmen García participo en el evento científico en Brasil con financiamiento del Sub proyecto.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Formar nuevos profesionales en la región Amazónica.	Al concluir el subproyecto se ha completado la formación de 04 magísteres en ciencias y 02 biólogos formados al término del subproyecto.	02 de maestría y 04 tesis de pregrado concluidas.	100%	Meta cumplida a cabalidad.
Publicar artículos científicos en revistas indexadas.	Al concluir el subproyecto se ha publicado por lo menos 03 artículos científicos en revistas indexadas.	01 artículo publicado, 02 aceptados a publicación, 01 en evaluación y 02 en revisión final y próxima a someter a revista.	100%	
Monitorear y evaluar el subproyecto	Cada trimestre un informe de seguimiento. Al primer trimestre una evaluación de línea de base. Al primer año una evaluación de medio término. Al finalizar el proyecto una evaluación final.	06 ITF elaborados y 01 informe técnico final entregado al término del subproyecto.	100%	Meta superada largamente. Abundante producción científica del equipo

4.3. Productos por componentes

Componente 1. Producción inducida de alevinos.

- Conformación de un stock de 56 reproductores microchipados y genotipados mediante marcadores microsatélites.
- 01 protocolo de obtención de alevinos de doncella por inducción hormonal.

- 01 protocolo de fecundación combinada de huevos de doncella.

Componente 2. Estudios de los caracteres biológicos utilizables en la domesticación de la doncella.

- 01 Protocolo de determinación de parentesco de larvas de peces proveniente de fecundación combinada.
- 01 artículo científico: determinación de parentesco de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) obtenidas por fertilización cruzada (aceptado a publicación en Folia Amazónica).
- 01 tesis de pregrado con los resultados del estudio sobre adaptación al consumo de alimento balanceado, crecimiento y sobrevivencia de alevines de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), en relación con el origen genético.
- 01 tesis de postgrado con los resultados del análisis de sobrevivencia y heterogeneidad de crecimiento en función del origen genético de diferentes familias de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766).
- 01 artículo científico: Variability of early life history traits in *Pseudoplatystoma punctifer* larvae: maternal and paternal effects (sometido a la revista Aquaculture research).
- 01 artículo científico: Dynamics of cannibalism and fin nipping in cultured larvae and juveniles of the doncella *Pseudoplatystoma punctifer* (en revision final para ser sometido a la revista Aquaculture research).
- 01 artículo científico: Ontogenetic variation of food intake and gut evacuation rate in larvae of the doncella *Pseudoplatystoma punctifer*, as measured with by a non-invasive observational method (en revision final para ser sometido a la revista Aquaculture research).
- 01 resumen científico sobre: Variability of early life history traits in *Pseudoplatystoma fasciatum* larvae: maternal and paternal effects, presentado en la 2da. Conferencia Latinoamericana de Cultivo de Peces Nativos, realizado en noviembre del 2009 en Chascomus, Argentina.
- 01 resumen científico sobre: ontogenetic variation of food intake and gut evacuation rate in cultured larvae of doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*. presentado en la 2da. Conferencia Latinoamericana de

Cultivo de Peces Nativos, realizado en noviembre del 2009 en Chascomus, Argentina.

- 01 resumen científico sobre: Dynamic of cannibalism and fin nipping in cultured doncella *Pseudoplatystoma fasciatum*. realizado en noviembre del 2009 en Chascomus, Argentina.

Componente 3. Diseño y evaluación de un sistema de cultivo de alevinos de doncella.

- 01 protocolo de evaluación de la capacidad de estabulación de doncella.
- 01 protocolo de monitoreo de condiciones sanitarias, calidad de agua y de control de parásitos de doncella.
- 01 protocolo sobre aspectos nutricionales de alevinos de doncella.
- 01 tesis de pregrado sobre: Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento y en la sobrevivencia de alevinos de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*, Linnaeus 1766) en jaulas flotantes.
- 01 artículo científico: Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Aceptado a publicación en Folia Amazónica).
- 01 estudio sobre un diseño y evaluación de sistema de cultivo alevinos

Componente 4. Evaluación de la variabilidad genética y de los rasgos de vida de la doncella en la Amazonía peruana.

- Constitución de un banco de 661 muestras biológicas de tejido muscular de doncella, existente actualmente en el IIAP.
- 01 artículo sobre: Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): Biogeographic and evolutionary implications. (Molecular Phylogenetics and Evolution 51: 558-494).
- 01 tesis de postgrado sobre variabilidad genética de *Pseudoplatystoma punctifer* (Castelnau, 1855) en la amazonía peruana y boliviana.
- 01 tesis de pregrado sobre la comparación del crecimiento de la Doncella, *Pseudoplatystoma punctifer*, en las principales cuencas de la Amazonía Peruana.

- 01 tesis de pregrado mostrando los resultados de la caracterización Morfológica y Molecular de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) y *Pseudoplatystoma tigrinum* (Valenciennes, 1840) y Búsqueda de Posibles Híbridos Naturales Utilizando Marcadores Moleculares.
- 01 mapa geografico mostrando la variabilidad genética y de crecimiento de la doncella en las principales cuencas de la Amazonía peruana.

Componente 5. Fortalecer las instituciones en caracterización molecular y producción inducida de alevinos de doncella.

- 12 estanques de tierra de 6 x 12 x 1.3 para crianza de alevinos.
- 06 equipos adquiridos para fortalecer las investigaciones de la alianza en peces amazónicos.
- 02 profesionales candidatos a magísteres en ecología y Biología molecular, en espera de sustentación.
- 04 nuevos profesionales (03 biólogos y 01 ingeniero de pesca) en espera de sustentación.
- 02 profesionales del IIAP capacitados en la construcción de genotecas para el desarrollo de marcadores microsatélites.
- 01 artículo publicado:
 - J.P. Torrico, N. Hubert, E. Desmarais, F. Duponchelle, J. Nuñez Rodríguez, J. Montoya-Burgos, C. García-Dávila, F.M. Carvajal-Vallejos, A.A. Grajales, F. Bonhomme, J.-F. Renno (2009). **Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): Biogeographic and evolutionary implications.** Molecular Phylogenetics and Evolution 51: 558-494.
- 02 artículos aceptados a publicación:
 - Lozano, F.; Guerra, F.; García-Dávila, C.; Rodríguez, L.; Núñez, J.; Chu-Koo, F. **Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum*.** Aceptado a publicación para Folia Amazónica 2009.
 - Castro-Ruiz, D.; Chota-Macuyama, W.; Nuñez, J.; Queroil, S.; Renno, J-F; García-Dávila, C. **Determinación de parentesco en larvas de**

Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766) obtenidas por fertilización cruzada. Aceptado a publicación para Folia Amazónica 2009.

■ 01 artículo sometido a publicación:

- Núñez, J.; Castro, D.; Fernández C.; Dugué R.; Chu-Koo F.; Duponchelle F.; García-Dávila C.; Renno, J.-F. **Variability of early life history traits in Pseudoplatystoma punctifer larvae: maternal and paternal effects.** Sometido a la revista Aquaculture research

■ 02 artículos en revisión final y próximos a someter a revista:

- Baras, E.; Montalvan-Naranjos, G.; Silva, D.; Chu-Koo, F.; Dugué, R.; Chavez, C.; Duponchell, F.; Renno J.-F.; Legendre, M.; Garcia-Davila, C. & Nuñez, J. **Ontogenetic variation of food intake and gut evacuation rate in larvae of the doncella Pseudoplatystoma punctifer, as measured with by a non-invasive observational method.**

- Baras, E.; Montalvan-Naranjos, G.; Silva, D.; Chu-Koo, F.; Dugué, R.; Chavez, C.; Duponchell, F.; Renno J.-F.; Legendre, M.; Garcia-Davila, C. & Nuñez, J. **Dynamics of cannibalism and fin nipping in cultured larvae and juveniles of the doncella Pseudoplatystoma punctifer.**

4.4 Capacidades Adquiridas

El IIAP ha fortalecido muchas capacidades a través de la ejecución de este subproyecto. Generando, optimizando o validando procesos, técnicas y procedimientos para investigar el dorado tanto en situación de cultivo como en poblaciones naturales. La capacidad adquirida por el IIAP en la genotipificación del stock de reproductores, hizo posible que ahora seamos requeridos para realizar el genotipado o caracterización mediante microsatélites del stock de reproductores de paiche de la empresa *Amazona*. Asimismo, la metodología generada de determinación del parentesco de larvas de doncella podrá ser aplicada para el estudio de larvas de otras especies, abriendo otros horizontes de investigación sobre la domesticación de peces amazónicos. También hemos fortalecido significativamente nuestra capacidad de difusión de resultados a través de la publicación de artículos en revistas reconocidas y de la presentación de comunicaciones científicas en congresos internacionales de la

especialidad. Estas nuevas capacidades sin duda contribuirán a posicionar al IIAP en un lugar de vanguardia entre las instituciones de investigación de la biodiversidad amazónica.

4.5. Impactos generados

Impacto científico: La ejecución del subproyecto ha permitido incrementar la literatura científica y técnica en el recurso doncella (reproducción inducida, fecundación cruzada, determinación de parentesco, destete, alimentación y nutrición, canibalismo, ontogenia, crecimiento). Esta información tecnológica y científica producida es un modelo de investigación en mejoramiento genético, que podrá ser aplicada a otras especies de peces amazónicos. Así mismo la información generada sobre la variabilidad genética y de crecimiento de sus poblaciones naturales lo que será de gran aporte a la comunidad científica y académica, así como a los decisores de política para el establecimiento de políticas de manejo más acordes con la naturaleza del recurso. El descubrimiento de dos especies genéticamente distintas dentro del grupo de peces denominados “doncella”, causará un gran impacto en la comunidad científica, con grandes implicancias tanto para su cultivo cuanto para el manejo y conservación de sus poblaciones naturales.

Impacto social: Si bien actualmente no actualmente las estadísticas oficiales no muestran una expansión del cultivo en cautiverio de la doncella. En un futuro muy breve el manejo sostenido de la doncella, a través del desarrollo de su piscicultura, promoverá en la generación de una nueva fuente de ingresos económicos, con las consecuentes mejoras en la renta básica, servicios básicos y por ende aumento de la calidad de vida del poblador amazónico.

Impacto ambiental: La abundante información científica generada en el subproyecto permitirá en breve el aumento de la oferta de alevinos provenientes de la reproducción en cautiverio, esto sumado a las técnicas de manejo de alevinos, permitirá en unos cuantos años la expansión del cultivo de la doncella. Esto generará la disminución de la presión antropogénica sobre las poblaciones naturales de doncella y por ende la disminución de la erosión genética de los stocks pesqueros.

Impacto económico: En los próximos años con el desarrollo de la piscicultura de la doncella, se generara un incremento de la producción de filete de doncella, beneficiando a la población involucrada en la cadena productora y de comercialización desde pequeños piscicultores, pequeños y medianos empresarios y la población general de las ciudades amazónicas que consumen la doncella.

V. CONCLUSIONES

- Se cuenta con protocolos de reproducción mediante inducción hormonal y fecundación cruzada debidamente validados para doncella.
- Se cuenta con protocolos de manejo de alevinos de doncella en condiciones controladas (alimentación, condiciones sanitarias y calidad de agua, control de parásitos), actualizados y validados.
- Se superó ampliamente la meta de publicaciones establecida al inicio del subproyecto. A la fecha, se ha publicado 01 artículo y 02 resúmenes científicos, se cuenta con aceptación de 02 artículos más, 01 artículo sometido y 02 artículos en revisión final.
- Al término del subproyecto se ha capacitó a 2 personas del staff de IIAAP en la construcción de genotecas para la búsqueda de marcadores microsatélites.
- Al término del subproyecto se ha formado a 06 profesionales, 02 de ellos de nivel de maestría.
- Se ha generado una metodología de determinación del parentesco de larvas que puede ser utilizado también en el estudio de larvas de otras especies de peces.
- Por los logros obtenidos, la alianza IIAAP-IRD-INCAGRO ha demostrado haber logrado una excelente sinergia.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con los estudios de manejo de alevinos de doncella en cautiverio, investigándose nuevos ítems alimenticios preparados con insumos locales.

- Utilizar la metodología generada en el subproyecto para establecer un programa de caracterización molecular de los planteles de reproductores de otras especies criados en la Amazonía peruana. de tal manera que se cuente con informaciones mas completas sobre estos especímenes en programas de mejoramiento, reduciendo los problemas de taras consanguinidad.
- Utilizar la información generada sobre variabilidad genética molecular de poblaciones naturales de doncella en programas de repoblamiento, de tal manera que se cuente con informaciones moleculares mas completas sobre los flujos de genes y divergencia genética entre estas, para reducir futuros problemas de reducción de diversidad genética por consanguinidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barthem, R.; M, Goulding, 1997, *The catfish connection, Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators*. New York, USA, 144 pp,
- Garcia, A.; Tello, Salvador.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiol Biochem* 35:53–67.
- Goulding, M. 1980. *The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history*. University of California Press, Berkeley, CA, USA. 280 pp.
- Kossowski, C, 1996, Perspective de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud, *Aquat, Living Resour* 9 :189-195.
- Montalbán G. 2008. Ontogenia de la doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), y su relación con la dinámica del canibalismo. Tesis para optar el título de ingeniero Pesquero, UNFV-FOPCA, Lima.
- Montreuil, V. 2000. Situación regional de manejo de las pesquerías de los grandes bagres migratorios amazónicos. *FAO*. 110p.
- Núñez, J, 2009 Domesticación de nouvelles espèces d'intérêt piscicole en Amazonie, *Cah Agric*, vol, 18, n° 2-3, mars-juin 2009.

- Padilla, P., Alcántara, F.; Ismiño, R. 2001. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario – larval. *Folia Amazónica*, 12 (1-2): 141- 155. IIAP.
- Tello, S.; García, A. 2009. La pesquería de grandes bagres en la región Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 28 pp.
- Reid, S. 1983. La Biología de los Bagres Rayados *Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. tigrinum* en la cuenca del río Apure, Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Serie: Prod. Agric. Año 1/No. 1/ Barinas, Diciembre de 1983.