

FOLIA

Amazónica

Vol 17 Nº 1-2

2008



ACUICULTURA



BOTÁNICA



CIENCIAS FORESTALES

CIENCIAS SOCIALES

GENÉTICA



NOTA CIENTÍFICA

IQUITOS, PERÚ

ISSN 1018 - 5674

FOLIA Amazónica

VOL. 17

Nº 1 - 2

Enero - Diciembre 2008



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
DE LA AMAZONÍA PERUANA

IQUITOS - PERÚ

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA

DIRECTORIO

Luis E. Campos Baca	Presidente
Herman B. Collazos Saldaña	Vicepresidente
Keneth Reátegui del Águila	Miembro
Héctor G. Valcárcel Toullier	Miembro
José A. López Ucariegue	Miembro
Róger Beuzeville Zumaeta	Gerente general

COMITÉ EDITORIAL

Luis W. Gutiérrez Morales	Presidente
Filomeno Encarnación Cajañaupa	Miembro
Jorge Gasché Swess	Miembro
Fred Chu Koo	Miembro
José Álvarez Alonso	Miembro
Carmen R. García Dávila	Miembro
César A. Delgado Vásquez	Miembro

FOLIA AMAZÓNICA

Vol. 17 N° 1 - 2
2008

Impresión:

Servicios Generales “Imagen Amazonía” / William Dennis Angulo Tello
Av. José Abelardo Quiñones km 2, Iquitos

Diseño y diagramación:
German Vela Tello

ISSN 1018 - 5674

© IIAP

Av. José A. Quiñones km. 2,5
Apartado 784, teléfono: (065) 265515 - 265516, fax: (065) 265527, Iquitos, Perú
<http://www.iiap.org.pe>

SUMARIO

ACUICULTURA

- Carmela REBAZA, Miguel VALDIVIESO, Mariano REBAZA, Fred CHU-KOO. Análisis económico del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada comercial en ucayali.....7
- Rómulo CASANOVA-FLORES, Fred CHU-KOO. Evaluación del polvillo de malta de cebada, *Hordeum vulgare*, como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*).....15
- Fernando ALCÁNTARA, Fred CHU-KOO, Luciano RODRÍGUEZ, Carlos CHÁVEZ, Salvador TELLO, Jesús NUÑEZ. Relación longitud-peso y el factor de condición del zúngaro *tigrinus* *Brachyplatystoma tigrinum* del río Amazonas, Loreto, Perú.....23
- Magaly DEL RISCO, Javier VELÁSQUEZ, Manuel SANDOVAL, Palmira PADILLA, Luis MORIPINEDO, Fred CHU-KOO. Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de Paiche, *arapaima gigas* (Shinz, 1822).....29

BOTÁNICA

- Claudia MERINO-ZEGARRA, Pedro VÁSQUEZ-OCMÍN, Martha MACO, Dennis DEL-CASTILLO, Guillermo VÁSQUEZ, Danter CACHIQUE, Antonio PASQUEL y Víctor SOTERO. Caracterización química de nueve accesiones de *Plukenetia volubilis* L. de los departamentos de Loreto y San Martín.....39

CIENCIAS FORESTALES

- Wilson GUERRA, Manuel SOUDRE, Marco CHOTA. Tabla de volumen comercial de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* mart.) de las plantaciones experimentales de Alexander Von Humboldt, Ucayali, Perú.....47
- Federico YEPES, Dennis DEL-CASTILLO, Manuel SOUDRE, Julio SOPLIN, Jack CHUNG. Efecto del ácido indol 3 butírico y cascarilla de arroz carbonizada en el enraizamiento de estaquillas de caoba (*Swietenia macrophylla*) en cámaras de sub-irrigación en la amazonía peruana.....59

CIENCIAS SOCIALES

- Jorge GASCHÉ. Agricultura vs. horticultura, campesino vs. bosquesino, balance y proyección.....65

GENÉTICA

- Frank ASPAJO, Ángel RODRÍGUEZ, Mike CORAZÓN-GUIVIN, Luis Freitas, Dennis DEL-CASTILLO, Diana CASTRO, Mildred GARCÍA, Jean-François RENNO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Caracterización genética de los morfotipos de aguaje *Mauritia flexuosa* L. F. (arecaceae) y análisis de la variabilidad de tres poblaciones naturales en la amazonía peruana.....75

- Mike CORAZÓN-GUIVIN, Ángel RODRÍGUEZ, Danter CACHIQUE, Werner CHOTA, Guillermo VÁSQUEZ, Dennis DEL-CASTILLO, Jean-François RENNO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Diversidad genética en poblaciones naturales de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. (euphorbiaceae) en el departamento de San Martín (Perú).....83

- Carmen GARCÍA-DÁVILA, Mike CORAZÓN-GUIVIN, Diana CASTRO, Werner CHOTA, Ángel RODRÍGUEZ, Cesar DELGADO-VÁSQUEZ, Jean-François RENNO. Variabilidad genética de cinco poblaciones naturales de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc. Vaugh) de la amazonía peruana, evaluadas mediante DALP.....91

NOTA CIENTÍFICA

- Fernando ALCÁNTARA, Fred CHU-KOO, Luciano RODRIGUEZ, Carlos CHÁVEZ, Alfonso BERNUY, Teddy BARBARÁN, Salvador TELLO, Jesús NUÑEZ. Primer reporte de parasitismo de *Brachyplatystoma tigrinum* por *Argulus pestifer*, en acuicultura.....99

PRESENTACIÓN

La *Folia Amazónica*, revista oficial del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, es el primer órgano de difusión científica escrita en la Amazonía Peruana, que a sus 22 años de existencia sigue acompañando las investigaciones que ejecutan los científicos del IIAP, los que sistematizados en artículos productivos, transmiten información relevante a segmentos selectos de la audiencia y audiencias de mayor alcance, como son los medios en general.

La revista *Folia Amazónica*, juega un papel significativo en el cumplimiento de algunos de los objetivos prioritarios del IIAP. Razón por la cual es imprescindible insertarla en los repositorios textuales y digitales, bajo las normas que exige la redacción internacional de revistas científicas arbitradas, para ser admitida en bases de datos referenciales y de texto completo. Habiendo el nuevo Comité Editorial, asumido el no menos difícil reto de verla indexada, más aún cuando falta trazar un tramo importante hacia el futuro, debo felicitar el empeño y dedicación que le prestan cada uno de sus miembros.

Los estudiosos de la biodiversidad, el ordenamiento territorial, el cambio climático, el manejo integral de bosques y servicios ambientales, el uso de conservación del agua y sus recursos, la diversidad cultural y economía amazónica, podrán encontrar temas de particular interés en la revista, cuya originalidad radica en sus contenidos de investigación especializada, contextualizados en la conservación y el adecuado uso de los recursos naturales, factor decisivo para el desarrollo humano.

Han sido muchas las causas por que la revista no ha tenido una periodicidad regular, el Comité editorial nos consta, ha tenido una ardua labor para nivelar y actualizar la edición de los números faltantes, pese la austeridad y la normativa correspondiente, zanjada con el esfuerzo y la participación de los proyectos que contribuyeron al logro de sus objetivos.

Felicito al Comité Editorial que preside el Sr. Luis Gutiérrez por su propósito de bregar, promoviendo la participación de la comunidad científica y perseverar en saldar sus cuidados faltantes, aspirando a la publicación de la revista en otros idiomas como el inglés o francés, así como la inclusión de resúmenes en el sitio web del IIAP inmediatamente luego de su publicación.

LUIS CAMPOS BACA
Presidente del IIAP

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DE GAMITANA *Colossoma macropomum* Y PACO *Piaractus brachypomus* USANDO UNA DIETA EXTRUSADA COMERCIAL EN UCAYALI

Carmela REBAZA¹, Miguel VALDIVIESO², Mariano REBAZA¹, Fred CHU-KOO^{3,4}

- 1 Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Filial Ucayali. Carretera Federico Basadre Km. 12.400 - Pucallpa. crebaza@hotmail.com, mariano.rebaza@hotmail.com
- 2 Centro Regional de Servicios Empresariales SAC Pucallpa Ucayali E-mail: msvaldivieso@viabcp.com
- 3 Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Filial Loreto. Km. 4.5 Carretera Iquitos-Nauta. fchuk20@gmail.com
- 4 Maestría en Acuicultura. Escuela de Post-grado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Cátedra CONCYTEC.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la factibilidad económica del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada. El cultivo de gamitana y paco se realizó en dos estanques de tierra de 4300 y 2000 m² de espejo de agua, respectivamente, utilizando una densidad de siembra de 1 pez/m². Los peces fueron alimentados con una dieta comercial extrusada (28% de proteína bruta y 3.2 Mcal/Kg de energía digestible) durante 240 días. Los niveles de producción alcanzados en los ocho meses de cultivo fueron de 8240 y 9140 kg/ha en paco y gamitana, respectivamente. El estudio muestra que los costos operativos son influenciados por la especie en cultivo y el tamaño de los estanques y que el cultivo de ambas especies con dietas extrusadas tiene una atractiva rentabilidad económica, obteniéndose valores de TIR entre 46-50% y VAN de 12 653.3 y de 32 349.5 nuevos soles para paco y gamitana, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: cultivo, paco, gamitana, alimento extraído, análisis económico.

ECONOMIC ANALYSIS OF THE GAMITANA *Colossoma macropomum* AND PACO *Piaractus brachypomus* POND CULTURE USING A COMMERCIAL EXTRUDED DIET IN UCAYALI

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the economic feasibility of culturing gamitana and paco, using an extruded diet as fish feedstuff. Both, fishes were raised in two ponds (4300 and 2000 m², respectively) to a stocking density of 1 fish/m². Fish were fed with a commercial extruded diet (28% of crude protein and 3.2 Mcal/Kg of digestible energy) during 240 days. After eight months of culture, paco and gamitana yielded 8240 and 9140 kg/ha, respectively. The study shows that production costs vary depending on the fish species and pond sizes, and also demonstrates that culturing both species with extruded diets yields an attractive economic profitability reflected in a TIR between 46-50%, and VAN of S/. 12 653.3 and S/. 32 349.5, for paco and gamitana culture, respectively.

KEYWORDS: fish culture, paco, gamitana, extruded diets, economic analysis.

INTRODUCCIÓN

La extrusión puede definirse como el proceso por medio del cual los ingredientes de una dieta, previamente humedecidos, son sometidos a cocción por aplicación de altas temperaturas (hasta 250 °C), por un breve periodo de tiempo (1 a 1.5 minutos) o bien, bajo la acción de intensa fricción y contacto de la mezcla con camisas térmicas (Botting, 1991). La fabricación de dietas balanceadas para peces mediante el proceso de extrusión mejora la disponibilidad de los carbohidratos de la dieta, pues el tratamiento termomecánico que se produce origina una completa gelatinización de los almidones que mejora su digestibilidad (Jeong *et al.*, 1990).

Robinson (1991) describe que el proceso de extrusión se lleva a cabo en un cañón extrusador en combinación con calor, presión y fricción donde se gelatiniza los almidones, dándole al alimento extrusado mayor digestibilidad, mayor contenido energético y una evacuación estomacal más lenta.

Según Guillaume *et al.* (2004), la menor desintegración de las raciones extrusadas junto a su gran capacidad de absorción de agua y mayor flotabilidad, son características físicas determinantes para que los organismos en cultivo tengan más tiempo para consumir la ración y evitar pérdidas por hundimiento y desintegración de las partículas alimenticias. Este tipo de ración posee grandes ventajas, entre ellas: el permitir un mejor aprovechamiento de los nutrientes por los peces, presentar mayor durabilidad de almacenamiento, bajo contenido de finos, mayor estabilidad en el agua y reducida polución. Por esas razones, el uso de dietas extrusadas contribuye a reducir el impacto ambiental de la acuicultura y al logro de mejores rendimientos durante el proceso productivo.

En el año 2005, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) adquiere una máquina extrusora con capacidad de producir hasta 250 kilos de alimento por hora y la instala en el Centro de Investigaciones de Quistococha en Loreto. Ese mismo año el IIAP introduce con éxito el uso del alimento extrusado en la alimentación de sus peces reproductores y en el 2006 empieza la comercialización de raciones extrusadas de tres tipos: inicio, crecimiento y engorde, para las especies paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) entre los piscicultores del eje carretero Iquitos-Nauta (Chu-Koo & Alcántara, 2007).

Paralelamente, varias investigaciones utilizando dietas extrusadas fueron realizadas por el IIAP en tres peces amazónicos (paco, gamitana y bujurqui-

tucunaré) validando con éxito las bondades nutricionales de esta nueva generación de alimentos en la piscicultura amazónica (Soberón *et al.*, 2007; Daño & Nash, 2008; Tafur, 2008).

Debido a los buenos resultados obtenidos en Loreto (Chu-Koo & Alcántara, 2007), el IIAP estableció un programa de transferencia de tecnología del uso de dietas extrusadas en el cultivo de paco y gamitana en estanques de productores de las zonas de Aguaytía y Coronel Portillo en la región Ucayali, con el propósito de mejorar la productividad en el cultivo de peces amazónicos en dicha región. En el presente artículo, se reportan los resultados del análisis económico del cultivo de paco y gamitana con una dieta extrusada comercial, en estanques de productores acuícolas de la región Ucayali.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el marco del convenio de cooperación suscrito entre el IIAP y la empresa Aguaytía Energy del Perú, con el otorgamiento en préstamo de dos estanques con una superficie total de 9000 m² al señor José Egg para la administración y conducción de dos cultivos en paralelo (gamitana y paco, respectivamente).

Los alevinos de paco y gamitana fueron sembrados a una densidad de 1 pez/m² y el alimento suministrado en ambos casos fue una dieta extrusada comercial con 28% de proteína bruta y 3 200 kcal/kg de energía digestible. Las tasas de alimentación inicial y final fueron de 10 y 1.5% de la biomasa, respectivamente, ofrecida en tres raciones diarias en un período de cultivo de ocho meses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ASPECTOS PRODUCTIVOS

El rendimiento productivo obtenido en el cultivo de la gamitana fue de 9 140 kg/ha, en tanto que el rendimiento de carne de paco fue de 8 240 kg/ha en el mismo período, evidenciándose una buena conversión de los nutrientes presentes en la dieta extrusada y una alta eficiencia de los peces en el uso del alimento (Tabla 1).

La producción de pescado obtenida utilizando alimento extrusado fue ampliamente superior a los obtenidos hace algunos años atrás con el empleo exclusivo de dietas peletizadas, con las cuales sólo se alcanzaron 6 500 Kg/ha y 4 080 Kg/ha en el cultivo de gamitana y paco, respectivamente, en el mismo período de cultivo (Deza *et al.*, 2002).

Vásquez (2007) refiere que con alimentos peletizados las pérdidas por finos o por desprendimiento de fragmentos o por nutrientes que se disuelven en el agua, pueden ascender a 8-9 % del total ofrecido en comparación con los alimentos extrusados, donde las pérdidas son menores al 2%, incrementando notablemente el rendimiento, lo que

fue corroborado en el presente trabajo. Los niveles de mortalidad obtenidos en ambos cultivos fueron de apenas 5% de la población original, lo que confirma la conocida fama de rusticidad y adaptación de ambas especies a los sistemas de cultivo (Rebaza *et al.*, 2002; Gomes *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2004).

Tabla 1. Información básica de las características del cultivo de gamitana (*Colossoma macropomum*) y paco (*Piaractus brachypomus*) en dos estanques de tierra en la región Ucayali y alimentados con una dieta extrusada comercial con 28% de proteína bruta.

CONDICIONES	ESTANQUES	
	1	2
Productor Acuícola	Sr. José Egg	Municipalidad Prov. de Padre Abad
Localización del Estanque	IIAP Ucayali	Aguaytía Energy
Especie en cultivo	Gamitana	Paco
Talla Inicial (cm)	8.7	7.2
Talla Final (cm)	37.35	31.0
Peso Inicial (g)	7.6	7.0
Peso Final (g)	962.0	825.0
Ganancia de Talla (cm)	28.65	23.8
Ganancia de Peso (g)	954.4	818.0
Ganancia de Peso Diario (g/día)	3.9	3.4
Área de estanque (m ²)	4 300	2 000
Número de peces sembrados	4 300	2 000
Densidad de siembra (pez/m ²)	1	1
Peces cosechados	4 085	1 900
Tasa de mortalidad (%)	5.0	5.0
Cantidad de alimento suministrado (Kg)	5 895	2 145
Cantidad de alimento por pez sembrado (Kg)	1.37	1.07
Cantidad de alimento por pez cosechado (Kg)	1.44	1.13
Costo unitario del alimento	2.85	2.47

ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico del cultivo de gamitana y paco con dieta extrusada mostrado en la Tabla 2, indica que el costo variable unitario en el cultivo de paco fue de 2.73 nuevos soles/kg de pescado, que es menor al de la gamitana (3.03 nuevos soles/kg de pescado).

MARGEN DE GANANCIA POR PROCESO PRODUCTIVO O CAMPAÑA.

Estanque 1 (cultivo de gamitana)

El margen de ganancia para una campaña de producción en el estanque 1 fue de 90%, es decir, por cada nuevo sol invertido se obtiene una ganancia

contable de 90 céntimos, lo que da un margen de ganancia por mes de 8.89%, una cifra muy atractiva para las condiciones del mercado financiero. El punto de equilibrio del cultivo es de 15% de la capacidad utilizada (Tabla 2).

Estanque 2 (cultivo de paco)

En el estanque 2 el margen de ganancia es de 84%, es decir, por cada nuevo sol invertido se obtiene una ganancia contable de 84 céntimos, lo que da un margen de ganancia por mes de 7.91%, una cifra muy atractiva para las condiciones del mercado financiero. El punto de equilibrio en esta forma de cultivo es de 15% de la capacidad utilizada.

Tabla 2. Costos de producción y margen de ganancia en el cultivo de gamitana (*Colossoma macropomum*) y paco (*Piaractus brachypomus*), utilizando una dieta extrusada en la región Ucayali.

CONCEPTO	MONTOS (S.)	
	Estanque 1	Estanque 2
Especie en cultivo	Gamitana	Paco
Costos Fijos	2567.00	1775.67
Depreciación de infraestructura	400.00	166.67
Depreciación de equipamiento	214.00	214.00
Preparación de estanque	258.00	120.00
Mano de obra	1275.00	1215.00
Alquiler equipo y combustible	360.00	
Herramientas	60.00	60.00
Costos Variables	11900.40	4505.00
Alevinos y embalaje	669.90	400.00
Alimentos	11200.50	4075.00
Mano de obra	30.00	30.00
Costo total	14467.40	6280.67
Producción	3930.00	1650.00
Costo Unitario	3.68	3.81
Costo variable unitario	3.03	2.73
Precio de venta	7.00	7.00
Margen de ganancia (%)	90	84
Punto de equilibrio	646.29	415.91
Proporción de la capacidad usada (%)	16	
Tasa de rendimiento mensual (%)	8.36	

FLUJO DE CAJA Y RENTABILIDAD ECONÓMICA

Estanque 1 (cultivo de gamitana)

El flujo de caja para un horizonte de cinco años de proyecto de cultivo de gamitana se presenta en la Tabla 3, observándose flujo positivo de dinero desde el primer año de operación, con una tasa interna de retorno de 50% y un valor actual neto de S/. 32 349.52 nuevos soles, considerando una tasa de descuento de 14% (tasa de descuento usada en el Estado peruano en la evaluación de proyectos en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP); indicadores que demuestran una rentabilidad positiva del cultivo de esta especie.

Estanque 2 (cultivo de paco)

El flujo de caja para un horizonte de cinco años de proyecto de cultivo de paco se presenta en la Tabla 4, observándose también, flujos positivos de dinero desde el primer año de operación, con una tasa interna de retorno de 48% y un valor actual neto de S/. 12 653.26 nuevos soles, considerando una tasa de descuento de 14% (tasa de descuento usada en el Estado peruano); indicadores que demuestran también una rentabilidad positiva del cultivo de paco con dietas extrusadas, aunque relativamente menor que en el cultivo de gamitana.

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El cultivo de paco y gamitana con dieta extrusada presenta buenos indicadores de rentabilidad como por ejemplo: una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 46% y

50%, superior a la tasa de descuento (14%), con un Valor Actual Neto (VAN) de 12 653.3 y 32 349.5 nuevos soles, respectivamente. Los indicadores económicos señalados son superiores a los reportados por Deza *et al.* (2002) que en el análisis económico del cultivo de paco alimentado con dietas peletizadas determinó una TIR de 28.27% y un VAN de apenas 6 583.2 nuevos soles (Tabla 5).

Los indicadores económicos calculados en el presente estudio son positivos y se convierten en una excelente oportunidad de inversión para el productor en el cultivo de paco y gamitana con dieta extrusada. Cabe mencionar que la etapa de comercialización se efectuó en la época de máxima creciente de los ríos, temporada en que la oferta de pescado de ambientes naturales es baja y el precio del kilo de paco en el mercado oscila entre los S/. 7-10 y de gamitana entre S/. 8-12 nuevos soles, respectivamente, observándose aún la oportunidad de comercializar el pescado hasta el mes de abril durante la festividad religiosa de Semana Santa.

El presente análisis económico contempla estrictamente los aspectos de producción. Para los productores próximos a Pucallpa o que tengan semejanza en cuanto al nivel de demanda y proximidad a los mercados, se recomienda comercializar la producción obtenida de manera periódica en los mercados o ferias locales evitando la influencia de intermediarios. La aceptación de un producto fresco recién cosechado les puede permitir independizarse de los precios que les imponen los intermediarios mayoristas.

Tabla 3. Flujo de caja y rentabilidad económica en nuevos soles, determinada en el cultivo de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentada con una dieta extrusada, en la región Ucayali.

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
Ingresos	27510	27510	27510	27510	27510	51363
Venta de pescado	27510	27510	27510	27510	27510	27510
Valor de recuperación						23853
Egresos	26923	13853	13853	13853	13853	13853
Inversión						
Estanques	12000					
Equipo	1070					
Capital de trabajo	13853					
Costos de operación		13853	13853	13853	13853	13853
Saldo de caja	- 26923	13657	13657	13657	13657	37510

Tabla 4. Flujo de caja y rentabilidad económica en nuevos soles, determinada en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) alimentado con una dieta extrusada, en la región Ucayali.

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
Ingresos		11,550	11,550	11,550	11,550	21,617
Venta de pescado		11,550	11,550	11,550	11,550	11,550
Valor de recupero						10,067
Egresos	11,971	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901
Inversión						
Estanques		5,000				
Equipo		1,070				
Capital de trabajo		5,901				
Costos de operación		5,901	5,901	5,901	5,901	5,901
Saldo de caja	- 11,971	5,650	5,650	5,650	5,650	15,717

Tabla 5. Análisis de rentabilidad comparativo entre los cultivos de gamitana (*Colossoma macropomum*) y paco (*Piaractus brachypomus*) utilizando una dieta extrusada en la región Ucayali.

ESTANQUE	ESPECIE	TIR (%)	TIR MES (%)	VAN	TD (%)
1	GAMITANA	50	3.43	32 349.5	14
2	PACO	46	3.20	12 653.3	14

TIR: Tasa interna de retorno. VAN: Valor actual neto TD: Tasa de descuento

CONCLUSIONES

Los indicadores de rentabilidad demostraron una atractiva rentabilidad económica con una TIR de 46% y 50% y un VAN de S/. 12 653.3 y S/. 32 349.5 nuevos soles, en el cultivo de paco y gamitana con dieta extrusada, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Botting, C. 1991. Extrusion technology in aquaculture feed processing. In: *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop*. Sept. 19-25, Thailand and Indonesia: American Soybean Association. 241pp.

Chu-Koo, F.W.; Alcántara, F. B. 2007. De la selva su acuicultura: Sobre los avances en acuicultura en la amazonía peruana y las oportunidades de inversión. *Perú Económico*, 30(1):11-12.

Dañino, P. A.; Nash R. L. 2008. *Crecimiento, sobrevivencia y parámetros hematológicos de juveniles de paco, Piaractus brachypomus y gamitana, Colossoma macropomum cultivados en dos tipos de ambiente*. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 90pp.

Deza, S.; Quiróz, S.; Rebaza, M.; Rebaza, C. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa-Perú. *Folia Amazónica*, 13:49-64.

Gomes, L.; Brandao, F.; Chagas, E.; Ferreira, M.; Lourenco, N. 2004. Efeito do volume do tanque-rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. *Acta Amazônica*, 34(1):111-113.

- Guillaume, J. ; Kaushik, S. ; Bergot, P. ; Métailler, R. 2004. *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*. Ediciones Mundi – Prensa. Barcelona – España.
- Jeong, K.S.; Takeuchi, T; Okamoto, N.; Watanabe, T. 1991. Improvement of nutritional quality of carbohydrates ingredients by extrusion process in diets of red sea bram. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57:1543-1549.
- Rebaza, C.; Villafana, E.; Rebaza, M.; Deza, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* “paco” en segunda fase de alevinaje en estanques semi – naturales. *Folia Amazónica*, 13 (1-2):122–134.
- Robinson, E.H. 1991. *A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of catfish*. MAFES Bulletin 979. Mississippi State University, Miss. State, MS. 18pp.
- Rodrigues, F.; Carvalho L.; Campos, E.; Dantas, L. 2004. Densidade de estocagem de juvenil de tambaqui durante a precria em tanques - rede. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 39(4):357–362.
- Soberón, M. L. E.; Chu-Koo, F. W.; Alcántara, F. B. 2007. Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados en tres densidades. *Folia Amazónica*, 16(1-2):35-45.
- Tafur, G. J. 2008. *Crecimiento y composición corporal del bujurqui tucunaré Chaetobranchus semifasciatus, del paco Piaractus brachypomus y de la gamitana Colossoma macropomum criados bajo el sistema de poli cultivo en corrales*. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 95pp.
- Vásquez, W. 2007. Las dietas como factor de impacto sobre la calidad del agua en sistemas de cultivo intensivo de peces. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 2(2):1909–8138.

EVALUACIÓN DEL POLVILLO DE MALTA DE CEBADA, *Hordeum vulgare*, COMO INSUMO ALIMENTICIO PARA GAMITANA (*Colossoma macropomum*)

Rómulo CASANOVA-FLORES¹, Fred CHU-KOO^{2,3}

- 1 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana –UNAP. Facultad de Ciencias Biológicas.
2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana –IIAP. Centro de Investigaciones de Quistococha. Apartado Postal 784, Iquitos, Perú. E-mail: fchuk20@gmail.com
3 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana –UNAP. Escuela de Postgrado. Maestría en Acuicultura.

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento y la composición corporal de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con cuatro dietas isoproteicas (26% PB) e isocalóricas (2500 kcal/kg) con diferentes niveles de inclusión de un nuevo insumo, el polvillo de malta de cebada (T0 = 0%, T1 = 10%, T2 = 20%, T3 = 30%), durante 120 días. Peces juveniles (32.05 ± 1.32 g y 12.1 ± 0.13 cm) fueron sembrados en doce estanques a una densidad de 1 pez/m² y alimentados tres veces al día a una tasa de alimentación de 5% durante los primeros 90 días y de 3% en los últimos 30 días de estudio. Quincenalmente se evaluó el crecimiento en peso para readjustar las raciones diarias de las siguientes dos semanas. La composición corporal de los peces fue determinada al inicio y al final del estudio. La calidad del agua fue monitoreada diariamente (oxígeno disuelto, temperatura y pH) y quincenalmente (transparencia, nitrato, amonio, alcalinidad, CO₂, dureza y cloruros).

No se registró diferencias significativas ($P>0.05$) en ninguno de los parámetros de crecimiento e índices zootécnicos evaluados. Se registró un aumento significativo ($P<0.05$) en la composición corporal final de lípidos y cenizas de los peces en todos los tratamientos. El polvillo de malta de cebada, un insumo rico en carbohidratos, mostró ser un ingrediente alternativo útil para ser utilizado en la alimentación de gamitana en acuicultura.

PALABRAS CLAVE: gamitana, *Colossoma macropomum*, polvillo de malta de cebada, alimentación, crecimiento, acuicultura.

EVALUATION OF BARLEY BRAN, *Hordeum vulgare*, AS FEEDSTUFF FOR GAMITANA (*Colossoma macropomum*)

ABSTRACT

Growth and body composition of gamitana (*Colossoma macropomum*) juveniles fed four isoproteic (26% CP) and isocaloric (2500 kcal/kg) practical diets containing different levels of inclusion of a new feedstuff, Barley bran (T0 = 0%, T1 = 10%, T2 = 20%, T3 = 30%) was evaluated during 120 days by triplicate. Fish (32.05 ± 1.32 g and 12.1 ± 0.13 cm) were cultured to a stocking rate of 1 fish/m² into twelve ponds and fed 5% of their body weight, three times per day during the first 90 days and 3% of their body weight the last 30 days of study. Fish growth in every replicate was evaluated biweekly in order to adjust their daily rations for the following two weeks. Proximal compositions of fish were determined at the beginning and at the end of the study. Water dissolved oxygen, temperature and pH were monitored daily and water transparency, nitrates, ammonia, alkalinity, CO₂, hardness and chloride were assessed biweekly. No significant differences in fish growth and zootechnical parameters evaluated were found ($P>0.05$). Final body composition of lipids and ash showed a significant increase ($P<0.05$) in fish from all dietary treatments. To sum up, Barley bran, a carbohydrate-rich feedstuff proved to be an useful alternative ingredient for feeding cultured gamitana.

KEYWORDS: gamitana, *Colossoma macropomum*, Barley bran, feeding, growth, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

La utilización de frutos, semillas y subproductos agrícolas en la alimentación de peces es una práctica difundida entre los piscicultores de la cuenca amazónica (Araújo-Lima & Goulding, 1998; Alcántara & Colace, 2001). Considerando que los principales peces amazónicos utilizados en acuicultura son especies omnívoras/frugívoras (p.e. sábalo, *Brycon erythropterus*; paco, *Piaractus brachypomus* y gamitana, *Colossoma macropomum*), entonces el uso de estas fuentes alimenticias está plenamente justificado puesto que no sólo reduce los costos de producción al integrar los sistemas de producción agrícola y pecuaria del campesino/azuicultor sino que permite el uso de vegetales ampliamente disponibles en las parcelas de los propios productores rurales.

En la Amazonía peruana existe un buen número de alimentos de origen vegetal que son utilizados como insumos alimenticios para piscicultura (Alcántara & Colace, 2001). Se pueden, por ejemplo, encontrar estudios preliminares de utilización de vegetales como el plátano, yuca, umarí, pijuayo y otros insumos, en dietas para gamitana y paco con resultados bastante alentadores en algunos casos (Bances & Moya, 2001; Chu-Koo & Kohler, 2006; Lochmann *et al.*, 2009).

Sin embargo, la disponibilidad de los insumos evaluados o es estacional, o de lo contrario, sus precios no son estables a lo largo del año; por lo que, la presencia de la Planta de Producción de la Cervecería Amazónica en el Km. 3.5 de la carretera Iquitos – Nauta, abrió una nueva opción, representando una potencial fuente proveedora de subproductos como el polvillo de malta, levadura y otros granos de destilería, los cuales en lugar de ser depositados en rellenos sanitarios, bien podrían ser utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para peces.

Considerando la importancia actual de utilizar insumos de bajo costo para viabilizar la piscicultura en la región Loreto, el presente estudio tuvo por finalidad evaluar desde el punto de vista nutricional, la inclusión del polvillo de malta de cebada (*Hordeum vulgare*), un insumo rico en carbohidratos (62.7%) como componente dietario en la alimentación de gamitana, *Colossoma macropomum* y determinar sus efectos en el crecimiento y la composición corporal de ejemplares cultivados en estanques de tierra.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se ejecutó en el Centro de Investigaciones de Quistococha (CIQ), sede del Programa de Investigación para el Uso y

Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en la margen derecha del Km. 4.5 de la carretera Iquitos-Nauta, distrito de San Juan Bautista, departamento de Loreto.

ORIGEN DE LOS PECES

Se utilizó un total de 180 juveniles de la especie gamitana, *Colossoma macropomum* de la misma progenie, de 32.05 g y 12.3 cm de peso y longitud total promedio, respectivamente, provenientes de los estanques de alevinaje del CIQ y obtenidos mediante el proceso de reproducción inducida.

ORIGEN DEL INSUMO EVALUADO

El polvillo de malta *Hordeum vulgare* (L. 1753), un subproducto del proceso de elaboración de la cerveza, fue obtenido de la Planta de Producción de la Cervecería Amazónica S. A. C., localizada en el Km. 3.5 (margen derecha) de la carretera Iquitos–Nauta. El contenido nutricional del polvillo de malta es mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional del polvillo de malta de cebada, *Hordeum vulgare*. Análisis en base a materia seca. Fuente: Laboratorio de Bromatología y Limnología del IIAP.

COMPONENTE NUTRICIONAL	CONTENIDO
Humedad (%)	8.19
Ceniza (%)	4.12
Grasa (%)	1.64
Fibra (%)	7.82
Proteínas (%)	15.53
Carbohidratos (%)	62.70
Energía bruta (Kcal/Kg.)	2808

DIETAS EXPERIMENTALES

Para ejecutar el presente estudio, cuatro dietas peletizadas de naturaleza isoproteica (26% de PB) e isocalórica (2500 kcal/kg), conteniendo diferentes niveles de inclusión de polvillo de malta de cebada (T0 = 0%, T1 = 10%, T2 = 20%, T3 = 30%), fueron formuladas, preparadas y almacenadas en la Planta de Producción de Alimentos Balanceados del IIAP (Tabla 2).

Tabla 2. Composición porcentual y proximal de la dieta control y las tres dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión del polvillo de malta de cebada utilizadas en la alimentación de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum*.

INSUMOS	DIETAS			
	T0	T1	T2	T3
Harina de Trigo	2.00	2.00	2.00	2.00
Polvillo de arroz	14.22	12.70	11.36	9.00
Harina de pescado	8.00	8.00	8.00	8.00
Torta de soya	23.57	23.50	23.00	22.51
DL – Metionina	0.18	0.18	0.18	0.18
Cloruro Colina 60%	0.10	0.10	0.10	0.10
Carbonato de Calcio	1.56	1.40	1.24	1.09
Premix Acuacultura	0.12	0.12	0.12	0.12
Subproducto de trigo	50.25	42.00	34.00	27.00
Polvillo de malta de cebada	0.00	10.00	20.00	30.00
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0
Humedad	10.38	10.38	10.38	10.37
Materia Seca	89.62	89.62	89.62	89.64
Proteína	26.00	26.00	26.00	26.00
Grasa	4.12	4.09	4.09	4.09
Fibra	7.26	7.24	7.23	7.17
Nifex (carbohidratos)	45.09	45.18	45.20	45.3
Ceniza	7.15	7.11	7.10	7.08
Energía digestible (Mcal/Kg)	2500	2500	2500	2500

DISEÑO EXPERIMENTAL

Las dietas experimentales fueron distribuidas aleatoriamente por triplicado mediante un diseño completamente aleatorio en doce estanques de tierra de 15 m² (5 m de largo x 3 m de ancho). La densidad de siembra empleada fue de 1 pez/m² (15 peces por estanque). Los peces pasaron por un previo proceso de adaptación a las condiciones del medio de cultivo y a sus respectivas dietas por espacio de 15 días. La fase de cultivo duró un total de 120 días. Los peces fueron

alimentados tres veces al día (8.30 h, 12.30 h y 16.30 h), los siete días de la semana, a una tasa de alimentación de 5% durante los primeros 90 días y de 3% en los últimos 30 días del estudio. Quincenalmente se evaluó el peso de los peces de cada unidad experimental para reajustar las raciones a ser administradas en las dos semanas siguientes. Previo a este proceso se dejó en ayuno a los peces el día antes del muestreo.

Los índices zootécnicos evaluados fueron:

Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA)

ICAA = Alimento ofrecido / Biomasa ganada

Tasa de crecimiento específico (TCE)

TCE (%) = $100 (\ln W_f - \ln W_i) / t$

Donde: W_f = Peso final,

W_i = Peso inicial,

t = Duración del experimento (días)

Tasa de eficiencia proteica aparente (TEPA)

TEPA = B_g / P_c

Donde: B_g = Biomasa ganada,

P_c = Proteína consumida

Utilización proteica neta aparente (UPNA)

UNPA = $\{100 [(W_f * P_f) - (W_i * P_i)] \} / \text{Tiempo}$

Donde: W_i = Peso inicial,

W_f = Peso final,

P_i = Proteína corporal inicial,

P_f = Proteína corporal final

Sobrevivencia

$S = (N^o \text{ peces sembrados} / N^o \text{ peces cosechados}) * 100$

COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LOS PECES

Se realizó en el Laboratorio de Bromatología del IIAP para calcular los tenores de proteína bruta (PB), grasa (EE) y cenizas (MM) en 100 g de muestra seca de individuos completos y triturados al inicio y al final del experimento, provenientes de cada tratamiento. Los análisis siguieron las recomendaciones de la A.O.A.C modificado (1998).

CALIDAD DE AGUA

Los niveles de oxígeno disuelto, temperatura y pH fueron registrados diariamente con un medidor multiparámetros modelo YSI MPS 556® (YSI Instrument Co. Inc., Yellow Spring, Ohio, USA). Los niveles de nitrato, amonio, alcalinidad, CO_2 , y dureza fueron registrados quincenalmente utilizando un Kit AQ-2® con rangos para acuicultura de aguas dulces, fabricado por la empresa LaMotte (Canadá). La transparencia del agua se midió con un disco Secchi.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos registrados en el estudio fueron analizados a través de análisis de varianza de un factor,

considerándose un nivel de confianza de 95% y que previamente se cumplan todas las presunciones del ANOVA. Se aplicó la prueba de comparación de los promedios de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$) cuando se encontró diferencias significativas en el ANOVA. Se utilizó el programa estadístico JMP IN® Versión 4.0.4. (USA) como herramienta para el análisis. Los resultados de crecimiento e índices zootécnicos son mostrados como el promedio \pm error estándar de la media. Los datos expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arcoseno previo a su análisis en el ANOVA.

RESULTADOS

CALIDAD DEL AGUA

En la Tabla 3 se muestra el promedio final (\pm la desviación estándar) de los parámetros limnológicos monitoreados durante los 120 días de estudio. En términos generales los valores de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, nitratos, amonio, dureza total, alcalinidad, CO_2 , cloruros y transparencia) y sus variaciones en cada uno de los tratamientos estuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de gamitana.

CRECIMIENTO DE LOS PECES

Los peces alimentados con la dieta con 20% de inclusión de polvillo de malta (T2), aparentemente presentaron mejores niveles de ganancia de peso; incluso el rendimiento fue relativamente mejor al de los peces de la dieta control. Sin embargo, el ANOVA no registró diferencias significativas en el crecimiento de los peces. Tampoco se registró diferencias significativas en los parámetros PCF, GPD, BG y LG (Tabla 4).

ÍNDICES ZOOTÉCNICOS

Según los índices zootécnicos evaluados en el estudio, aparentemente los niveles de inclusión de 20% y 30% proporcionaron los mejores resultados. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, los ANOVA realizados no registraron algún efecto significativo de las dietas experimentales sobre los TCE, ICAA, TEPA y UNPA obtenidos. La tasa de sobrevivencia fue del 100% en todos los tratamientos (Tabla 5).

COMPOSICIÓN CORPORAL DE LOS PECES

Al final del experimento se registró un incremento significativo de los niveles de ceniza y grasa en la composición corporal de los peces de todos los tratamientos, incluido el control (Tabla 6).

Tabla 3. Calidad de agua (promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con *dietas conteniendo polvillo de malta* durante 120 días.

PARÁMETROS	(PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR)		
	E1	E2	E3
Temperatura (°C)	27.8 \pm 0.9	28.6 \pm 0.8	29.0 \pm 0.8
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.7 \pm 1.5	5.5 \pm 1.5	7.1 \pm 1.8
pH (upH)	6.1 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1	6.5 \pm 0.1
Transparencia (cm)	54.33 \pm 1.7	63.6 \pm 1.4	57.6 \pm 1.4
Nitritos (ppm)	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Amonio (ppm)	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Dureza (ppm)	18.0 \pm 0.9	17.8 \pm 0.8	17.8 \pm 0.8
Alcalinidad (ppm)	29.3 \pm 3.9	30.7 \pm 3.4	29.3 \pm 2.1
Dióxido de carbono (ppm)	8.6 \pm 0.7	8.2 \pm 0.3	8.1 \pm 0.2
Cloruros (ppm)	11.8 \pm 1.2	11.49 \pm 0.9	11.2 \pm 1.1

Tabla 4. Índices de crecimiento (promedios \pm error estándar de la media) obtenidos en el cultivo de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas que contenían polvillo de malta de cebada durante 120 días.

VARIABLE	CONTROL	T1	T2	T3	P
PCI (g)	32.6 \pm 1.3	31.0 \pm 1.9	33.7 \pm 2.5	30.9 \pm 1.3	0.6729
PCF (g)	249.7 \pm 19.6	258.0 \pm 33.0	302.1 \pm 46.2	286.7 \pm 39.1	0.7093
GP (g)	216.6 \pm 18.6	227.0 \pm 31.1	268.5 \pm 44.7	255.8 \pm 38.2	0.6951
GPD (g)	1.8 \pm 0.2	1.9 \pm 0.3	2.2 \pm 0.4	2.1 \pm 0.3	0.6951
BG (Kg)	3.2 \pm 0.3	3.4 \pm 0.5	4.0 \pm 0.7	3.8 \pm 0.6	0.6954
LG (cm)	12.1 \pm 0.7	12.4 \pm 0.7	13.2 \pm 1.0	13.1 \pm 0.7	0.7397

Leyenda:

Peso corporal inicial: PCI, Peso corporal final: PCF, Ganancia de peso: GP, Ganancia de peso diario: GPD, Biomasa ganada: BG, Longitud Ganada: LG

Tabla 5. Índices zootécnicos (promedios \pm error estándar de la media) obtenidos en el cultivo de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas que contenían polvillo de malta de cebada durante 120 días.

ÍNDICE	T0	T1	T2	T3	P
TCE	1.7 \pm 0.04	1.8 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1	0.4621
ICAA	1.6 \pm 0.04	1.6 \pm 0.1	1.5 \pm 0.1	1.5 \pm 0.1	0.5500
TEPA	2.4 \pm 0.1	2.5 \pm 0.1	2.7 \pm 0.2	2.6 \pm 0.2	0.5265
UNPA	9.6 \pm 0.2	11.2 \pm 0.4	11.9 \pm 0.7	11.9 \pm 0.7	0.0518
S (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	-

Tabla 6. Composición proximal (promedio \pm desviación estándar) de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas que contenían polvillo de malta durante 120 días. Los resultados fueron obtenidos del análisis en base a materia seca.

TRATAMIENTOS	COMPOSICIÓN CORPORAL (%)		
	PROTEÍNAS	GRASAS	CENIZAS
Inicio	59.8 \pm 0.4	10.5 \pm 0.1 ^a	12.8 \pm 0.1a
T0	60.3 \pm 0.5	15.2 \pm 0.7b	14.2 \pm 0.1b
T1	59.9 \pm 1.0	15.4 \pm 0.2b	14.4 \pm 0.1b
T2	59.4 \pm 0.2	15.4 \pm 0.3b	14.2 \pm 0.1b
T3	60.8 \pm 0.1	15.6 \pm 0.1b	14.5 \pm 0.2b
Probabilidad	0.4774	0.0060	0.0001

DISCUSIÓN

El buen nivel de crecimiento, expresado en las ganancias de peso corporal obtenidas durante el experimento, indica que el insumo evaluado representa una real alternativa de alimentación para la gamitana bajo condiciones de cultivo. Los tres niveles de inclusión empleados en la formulación de las dietas produjeron crecimientos gradualmente ascendentes y sobre todo, similares a los peces alimentados con la dieta control, no habiéndose observado disminución del peso en ninguna de las etapas del experimento.

Los índices de conversión alimenticia aparente (ICAA) registrados en el presente estudio se encuentran dentro de los rangos considerados adecuados para gamitana y son similares a los reportados por otros autores en la misma especie (Saint-Paul, 1985; Bechara *et al.*, 2005). Incluso, la conversión de las dietas conteniendo polvillo de malta fueron más eficientes que los niveles reportados por Roubach & Saint-Paul (1994). Las tasas de crecimiento específico (TCE) obtenidas en la presente investigación fueron similares a las reportadas por Rebaza *et al.* (2002), y Padilla (2000), en paco y gamitana, respectivamente. En relación a la eficiencia en la utilización de la proteína dietaria, los peces del presente estudio mostraron altos niveles de TEPA, incluso superiores a los obtenidos en otros estudios en la misma especie (Chu-Koo & Kohler, 2006).

Normalmente, la tasa de mortalidad de la gamitana en cultivo es relativamente baja; observándose en la mayoría de estudios tasas de sobrevivencia usualmente mayores al 90%, siendo muy raros valores por debajo del 75% (Padilla, 2000; Bances & Moya, 2001; Soberón *et al.*, 2007). La alta tasa de sobrevivencia reportada en el presente estudio evidencia el alto grado de adaptación de la especie a los ambientes de cultivo; afirmación corroborada por Chagas & Val (2003) y que además indican un óptimo manejo del mismo.

El incremento de grasa reportado en el presente estudio fue también registrado por otros autores como Mori-Pinedo *et al.* (1999) y Bances & Moya (2001). Estas variaciones pueden atribuirse a los altos niveles de carbohidratos presentes en las dietas que luego de satisfacer las necesidades energéticas para el crecimiento y el metabolismo basal de los peces, fueron transformados en lípidos de reserva. A pesar de existir una leve diferencia entre el contenido mineral al inicio y al final del experimento (1.51% en promedio), el ANOVA indicó que esta variación fue estadísticamente significativa, atribuyéndola a la reducida dispersión de los datos de cada réplica obtenida en los análisis proximales ejecutados.

El contenido de ceniza de un material biológico es el residuo resultante de la incineración de la muestra, cuya composición varía según la naturaleza del material calcinado y no proporciona en sí información sobre ningún nutriente específico. En tal sentido, las diferencias encontradas entre el valor final con respecto al estado inicial de los peces en estudio puede atribuirse al progresivo crecimiento de los peces y al fortalecimiento gradual de sus estructuras óseas.

En resumen, el polvillo de malta de cebada es un insumo que por su amplia disponibilidad, bajo precio, composición nutricional, y rendimiento productivo, puede ser empleado como componente dietario de las raciones alimenticias para gamitana, principalmente en los departamentos de Loreto y Ucayali, donde existen plantas cerveceras que pueden abastecer con este subproducto de la actividad cervecería. Sin embargo, considerando el sabor amargo del insumo y a la luz de los resultados obtenidos en el presente estudio, tal vez sea más prudente utilizarlo en cantidades que no excedan el 20% de la composición final de una ración, a fin de no afectar la palatabilidad y aceptación de la dieta a ser formulada por parte de los animales.

AGRADECIMIENTOS

A la Cervecería Amazónica S.A.C. por el financiamiento parcial del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AOAC. 1998. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. 16th Edition. 4th Revision. Sidney Willians, Arlington, Virginia. USA. 1236pp.
- Araújo-Lima, C.A.R.M.; Goulding, M. 1998. *Os frutos do tambaqui. Ecologia conservação e cultivo na amazonia*. SCM/MCT-CNPq. Brasil. 186pp.
- Bances, K.C.; Moya, L.C. 2001. *Sustitución de la harina de maíz (Zea mays) por la harina de almendro de umari (Poraqueiba sericea) en raciones para alevines de gamitana, Colossoma macropomum (Pisces, Serrasalmidae)*. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 70pp.
- Bechara, J.; Roux, J.; Ruiz, F.; Flores, C.; Longoni, C. 2005. The effect of dietary protein level on pond water quality and feed utilization efficiency of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquaculture Research*, 36(6):546-553.

- Chagas, E. C.; Val, A. L. 2003. Efeito da vitamina C no ganha de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(3): 397–402.
- Chu-Koo, F. W.; Kohler, C. C. 2006. Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana *Colossoma macropomum*. In: Renno, J. F.; García-Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 184-191.
- Chuquipiondo, J.M.L.; Galdós, R.A.P. 2005. *Influencia de la harina de plátano, Musa paradisiaca L. en el crecimiento de alevinos de gamitana, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)*. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos–Perú. 78pp.
- Lochmann, R.; Chen, R.; Chu-Koo, F.W.; Camargo, W.; Kohler, C.C. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and non-specific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1):33-44.
- Mori-Pinedo, L; Pereira-Filho, M.; Oliveira-Pereira, M. 1999. Substituição do fubá de milho (*Zea mays*, L.) por farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*, H. B. K.) em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Acta Amazónica*, 29(3):447–453.
- Padilla, P. 2000. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*). *Folia Amazónica*, 10(1-2): 81–90.
- Rebaza, C.; Villafana, E.; Rebaza, M.; Deza, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus*. “paco” en segunda fase de alevinaje en estanques semi-naturales. *Folia Amazónica*, 13(1-2):122–134.
- Roubach, R.; Saint-Paul, U. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forests in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 10(1):134–140.
- Saint-Paul, U. 1985. The neotropical serrasalmid “black pacu” *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. *Animal Research and Development*, 22:7–31.
- Soberón, M.L.E.; Chu-Koo, F.W.; Alcántara, B.F. 2007. Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados en tres densidades. *Folia Amazónica*, 16(1/2):35-45.

RELACION LONGITUD-PESO Y EL FACTOR DE CONDICION DEL ZÚNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* DEL RÍO AMAZONAS, LORETO, PERÚ

Fernando ALCÁNTARA^{1,2}, Fred CHU-KOO^{1,2}, Luciano RODRÍGUEZ^{1,2}, Carlos CHÁVEZ¹, Salvador TELLO¹, Jesús NUÑEZ³

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos. fab_001@hotmail.com
- 2 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Escuela de Post-grado. Maestría en Acuicultura. Cátedra CONCYTEC.
- 3 Institut de Recherche pour le Développement - IRD. UR 175..

RESUMEN

El zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*) es un pez sudamericano que pertenece a la familia Pimelodidae que, por la vistosidad de sus colores tiene demanda como pez ornamental en el mercado de Iquitos. Los pescadores lo capturan, al estado de alevino, en las zonas de playa de los grandes ríos como el Amazonas, Marañón y Ucayali y cuando adultos son capturados eventualmente en las zonas de costa brava de esos ríos. La relación entre la longitud y el peso del zúngaro tigrinus, responde a la ecuación $0.0034433L^{3.19027953}$ ($r = 0.98283632$), el factor de condición ($K \times 100$), al momento de su captura en el río es 0.77 ± 0.12 . A su vez, la frecuencia de captura por clase de longitud indica que, es más frecuente la ocurrencia de individuos mayores a 58 cm.

PALABRAS CLAVE: zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, relación longitud-peso, factor de condición, río Amazonas.

LENGTH – WEIGHT RELATIONSHIP AND CONDITION FACTOR OF TIGER-STRIPED CATFISH *Brachyplatystoma tigrinum* FROM THE AMAZON RIVER, LORETO, PERÚ

ABSTRACT

Tiger-striped catfish (*Brachyplatystoma tigrinum*) is a South American fish that belongs to the Pimelodidae family, which, due to its attractive body coloration has an interesting demand as ornamental fish, in the Iquitos city market. Fishermen catch its fingerlings in beaches of large rivers such as the Amazon, Marañón and Ucayali, and eventually as adults from the main current of those rivers. Length-weight relationship of Tiger-striped catfish respond to the equation $0.0034433L^{3.19027953}$ ($r = 0.98283632$) and the condition factor ($K \times 100$), was 0.77 ± 0.12 at the time of their capture. Evaluation of size class indicates that individuals above 58 cm are more frequently captured.

KEYWORDS: Tiger-striped catfish, *Brachyplatystoma tigrinum*, length-weight relationship, condition factor, Amazon River.

INTRODUCCIÓN

El zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*) es una especie importante en la pesquería de peces ornamentales en Iquitos (Perú), tanto por la vistosidad de sus colores, como por el precio que alcanza en este mercado, que puede llegar, a los 70 dólares, por ejemplar. Es un bagre de porte grande que, al estado adulto según la escasa literatura existente puede alcanzar hasta 60 cm de longitud total (Buckup *et al.*, 2007). En la Amazonía peruana el zúngaro tigrinus es capturado en brazos o cursos secundarios de los grandes ríos de aguas blancas o claras (Ortiz & Lannacone, 2008) como el Amazonas y el Marañón (Sánchez, 2008) y probablemente, en otros ríos con características similares. En un estudio reciente, Buckup *et al.* (2007) también reporta la presencia de esta especie en las cuencas amazónicas colombiana y brasileña.

Este pez pertenece a la familia Pimelodidae, vive en ambientes lóticos de la Amazonía peruana, principalmente en las zonas de costa brava, en donde predomina la erosión de la orilla externa por la fuerza de la corriente en el cauce del río. En estas zonas, los pescadores de peces de peces ornamentales y, eventualmente, los pescadores de peces de consumo, especializados en la captura de grandes bagres, capturan a ejemplares de *B. tigrinum* con redes a la deriva guiadas por dos embarcaciones pequeñas, equipadas con sus respectivos motores fuera de borda (Chávez, C. com. pers.).

La literatura acerca de los aspectos biológicos del zúngaro *tigrinus* es escasa, por eso, como una contribución al conocimiento de su bio-ecología, en el presente trabajo se realizó el análisis de la relación entre la longitud y el peso, así como el cálculo del factor de condición de especímenes capturados en el río Amazonas.

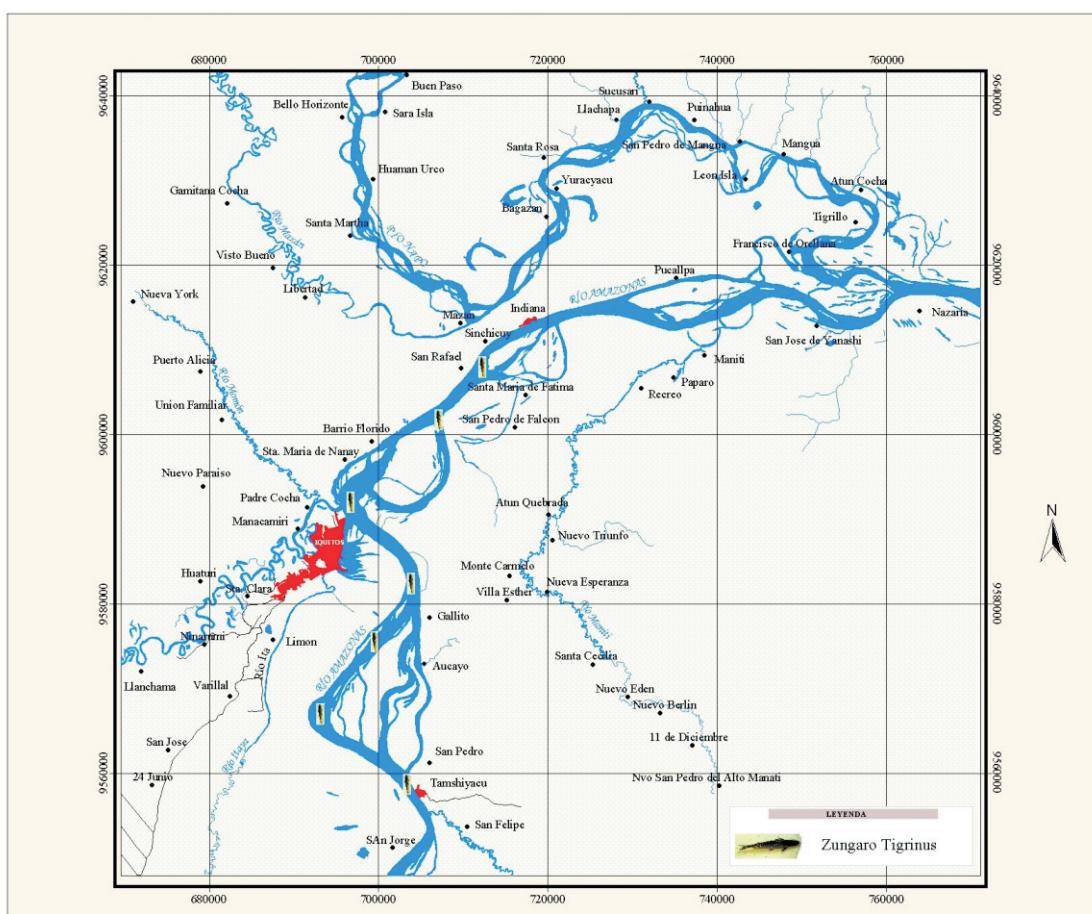


Figura 1. Localización de las principales zonas de captura del zúngaro tigrinus *B. tigrinum* en el departamento de Loreto, Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

En total, se analizó la relación entre la longitud y el peso, así como el factor de condición de 30 ejemplares de *B. tigrinum* capturados en las zonas de costa brava del río Amazonas, en el sector Gran Perú, próximo a la localidad de Tamshiyacu (distrito de Fernando Lores, departamento de Loreto) y en las inmediaciones de la comunidad de Santa Rosa, próxima a la Refinería Luis F. Díaz de la empresa estatal PETROPERU, entre las coordenadas geográficas S 03°55'21.5" - W 73°09'24.6" y S 03°41'51.0" W 73°09'21.5", respectivamente (Figura 1).

Las capturas se efectuaron, principalmente, en el período de retracción del ambiente acuático, entre los meses de junio a noviembre de 2009. La determinación de la relación entre la longitud y el peso y, del factor de condición, se realizó de acuerdo a las ecuaciones $W_t = aL^b$ y, $W_t = W_t/L^3$, respectivamente (Vazzoler, 1981). Las variables a y b , en la relación longitud peso, fueron estimadas por el método de los mínimos cuadrados, de acuerdo con Sokal & Rolf (1981), transformando la ecuación exponencial en una ecuación lineal utilizando logaritmos. Con la ecuación calculada se obtuvo los pesos teóricos para diversas longitudes con la finalidad de construir la curva de ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ejemplares examinados tuvieron una longitud promedio de 65 ± 14.55 cm y un peso medio de 2472 ± 1475 g. La longitud máxima de los individuos capturados en el río Amazonas fue de 85 cm, talla que es largamente superior al máximo registro reportado para esta especie por Buckup *et al.* (2007) que es de 60 cm. El peso máximo reportado en los ejemplares analizados en el presente estudio fue 5200 g. El factor de condición de los ejemplares capturados fue de 0.77 ± 0.12 (Tabla 1).

En la Figura 2 se muestra que la longitud y el peso del zúngaro tigrinus se relacionan de acuerdo a la ecuación $W_t = 0.0034433L^{3.19027953}$ ($r = 0.98283632$) y el valor del exponente, en la ecuación calculada indica que esta especie tiene un crecimiento de tipo isométrico (Ricker, 1975). Al respecto, Ruiz *et al.* (2003) indican que los peces con crecimiento isométrico aumentan su peso en función del cubo de la longitud.

El factor de condición observado en el zúngaro tigrinus, al momento de su captura en el río Amazonas, muestra una tendencia creciente en las longitudes mayores lo que podría indicar que, el tigrinus adulto, es más eficiente en la predación que los individuos

Tabla 1. Datos biométricos y factor de condición de 30 ejemplares de zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, capturados en el río Amazonas, Loreto, Perú.

NÚM.	LONG. (cm)	PESO (g)	K x 100
1	75	3400	0.81
2	76	3800	0.87
3	82	4400	0.80
4	80	4000	0.78
5	85	5000	0.81
6	73	3000	0.77
7	80	3600	0.70
8	79	3600	0.73
9	66	2000	0.70
10	71	2900	0.81
11	67	2350	0.78
12	43	400	0.50
13	62	1600	0.67
14	52	1000	0.71
15	63	2000	0.80
16	60	1200	0.56
17	38	500	0.91
18	59	1600	0.78
19	76	3200	0.73
20	57	1000	0.54
21	63	2000	0.80
22	57	1200	0.65
23	57	1600	0.86
24	53	1200	0.81
25	26	83	0.47
26	26	82	0.47
27	84	5200	0.88
28	72	4000	1.07
29	35	320	0.75
30	35	300	0.70
Promedio			0.77
Desvest.			0.12

menores, sin descartar la acumulación de material de reserva con fines reproductivos (Tabla 1, Figura 3).

El análisis de frecuencia de captura de *B. tigrinum*, según clases de longitud, indica que, en la zonas de costa brava del río Amazonas es frecuente la captura de individuos mayores de 58 cm y, mucho menos, de individuos menores de esa longitud (Figura 4).

Esta ocurrencia podría deberse a diversas estrategias de uso del hábitat de la especie, o bien a la selectividad en la captura ya que, los alevinos también son capturados en la corriente del río. A la vez, la frecuencia de captura podría indicar que, en las longitudes mayores a 58 cm y menores de 88 cm se encuentran los individuos pre-adultos y adultos, en preparación para el evento reproductivo. Sin embargo, aun cuando es frecuente el examen de los individuos mayores a 58 cm, no se observó indicios de maduración sexual hasta noviembre, aun cuando en este mes se tuvo referencias de captura de alevinos de *B. tigrinum*, de dos clases de longitud (2 y 5 cm.), en su medio natural (Murrieta, G., com. pers.). Las observaciones de madurez sexual son realizadas en

base a la dilatación de la barriga en las hembras y emisión de esperma, en los machos, para identificar las características de maduración sexual, como se hace en otros bagres como la doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Padilla, et al., 2001). Por otra parte, cabe la posibilidad que, al igual que en doncella y el tigre zúngaro (*P. tigrinum*), la maduración del zúngaro tigrinus tenga una mayor frecuencia de ocurrencia al inicio de la expansión del ambiente acuático, como fue reportado por Núñez et al. (2006) en base a observaciones efectuadas en la cuenca del Mamoré y del Iténez, en Bolivia.

Alcántara & Guerra (1988) en el análisis de la relación longitud-peso y del factor de condición de *Cichla ocellaris* reportaron una relación específica para cada sexo porque esta especie presenta un claro dimorfismo sexual que se expresa en la mayor talla y peso de los machos, en adición a la presencia de una protuberancia carnosa en la región frontal. Sin embargo, en el zúngaro tigrinus, no fue posible la observación de caracteres secundarios ligados al sexo que permitan hacer el análisis por separado.

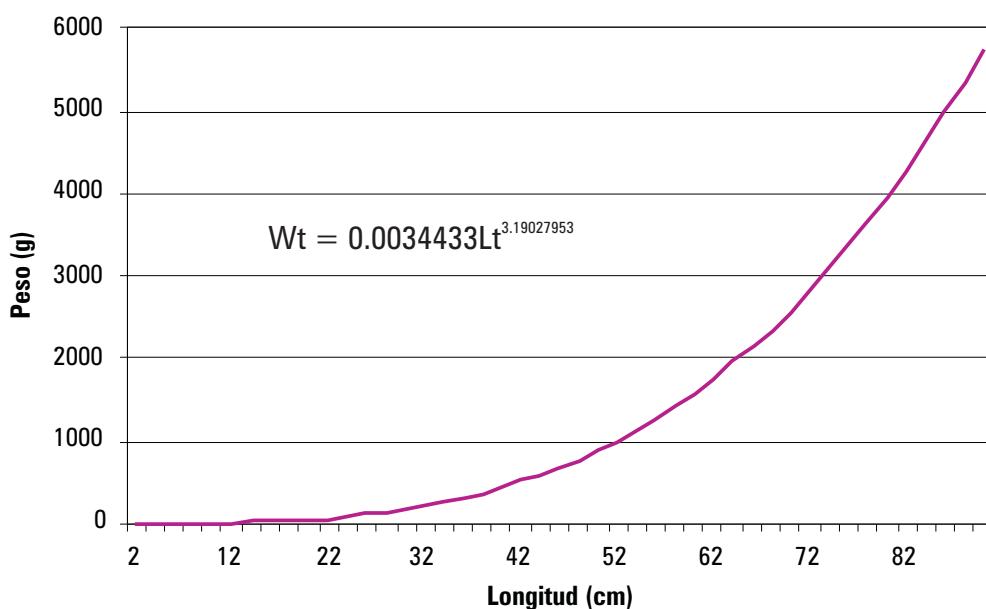


Figura 2. Relación longitud-peso de 30 ejemplares de zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, capturados en el río Amazonas, Loreto, Perú.

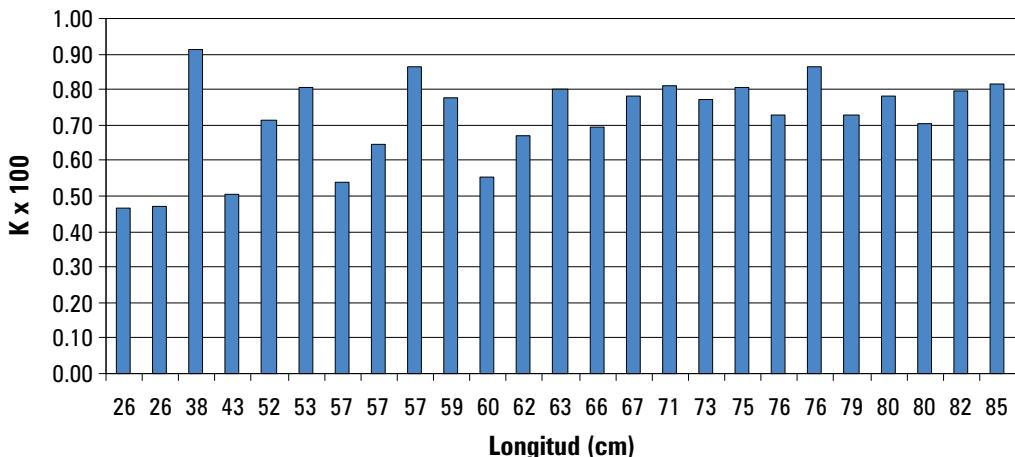


Figura 3. Factor de condición de 30 ejemplares de zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, según su longitud, en el momento de su captura en el río Amazonas, Loreto, Perú.

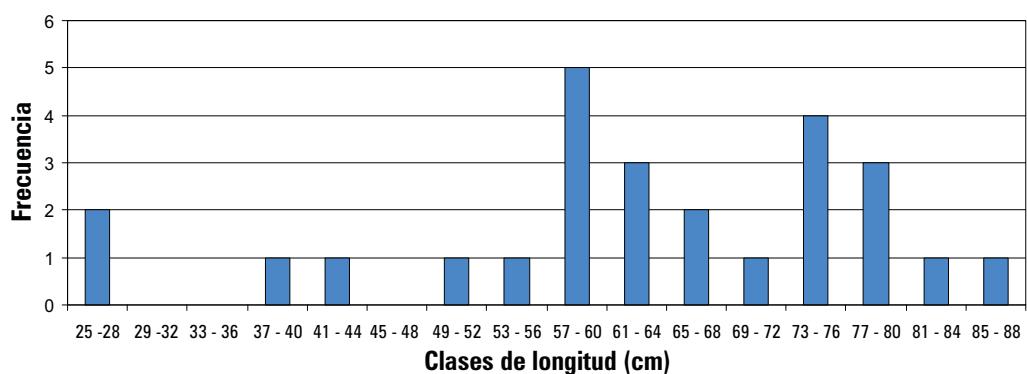


Figura 4. Frecuencia de captura de 30 ejemplares de zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, según clases de longitud en el río Amazonas, Loreto, Perú.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto INCAGRO por el financiamiento del estudio. A los pescadores y acopiadores de la Asociación de Pescadores de Peces Ornamentales de Loreto, Iquitos, APPOLI y del área de Tamshiyacu por el apoyo en la colecta los ejemplares para la realización del estudio.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Buckup, P.A.; Menezes, N.A.; Ghazzi, M. S. 2007. *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Museo Nacional, Universidad Federal do Rio de Janeiro, Série Livros, 3:1-195.
- Alcántara, B. F.; Guerra, F. H. 1988. Algunas consideraciones biológicas del tucunaré *Cichla ocellaris* Schneider. *Folia Amazónica*, 1(1):13-24.
- Núñez, J.; Inturias, A.; Dugué, R.; Barreto, J.; Rivera, R.; Duponchelle, F.; Renno, J-F. 2006. Reproducción y crecimiento de *Pseudoplatystoma fasciatum* en la cuenca amazónica Boliviana. In: Renno, J. F.; García, C.; Duponchelle, F.; Núñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 47-51.
- Ortiz, N.; Iannacone, J. 2008. Estado actual de los peces ornamentales amazónicos del Perú que presentan mayor demanda de exportación. *Biologist*, 6(1):54-67.
- Padilla, P. P.; Alcántara, B. F.; Ismíño, O. R. 2001. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario larval. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, 12(1-2):141-154.
- Ruiz, L.J.; Torres, A. de J.; Méndez, E.; Prieto, A.; Sant, S. 2003. Aspectos biométricos de *Sparisoma aurofrenatum* (Pisces: Scaridae) de un parche arrecifal del Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.*, 37(3):161-170.
- Ricker, W. E. 1975. *Computation and Interpretation of Biological Studies of Fish Population*. Department of the Environment Fisheries and Marine Service. p. 203-212.
- Sánchez, H. 2008. Reporte sobre la ictiofauna del Alto Marañón. IIAP. Informe Interno. 12pp.
- Sokal R.; Rohlf, F. 1981. *Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica*. Editorial Blume, Madrid, España. 832pp.
- Vazzoler, A. E.; Amato de M. 1981. *Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento*. Programa Nacional de Zoología. CNPq. Brasilia, 106pp.

EFECTO DE TRES NIVELES DE PROTEÍNA DIETARIA EN EL CRECIMIENTO DE JUVENILES DE PAICHE, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822)

Magaly DEL RISCO¹, Javier VELÁSQUEZ¹, Manuel SANDOVAL³, Palmira PADILLA², Luis MORI-PINEDO², Fred CHU-KOO^{1,2}

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana –IIAP Centro de Investigaciones de Quistococha.

Apartado Postal 784, Iquitos, Perú. E-mail: fchuk20@gmail.com

2 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Escuela de Post-grado. Maestría en Acuicultura. Cátedra CONCYTEC.

3 Universidad Nacional Agraria de la Selva –UNAS. Tingo María, Huánuco.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de tres niveles de proteína dietaria (T1=35, T2=40 y T3=45% PB) en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, en un ensayo de 84 días de duración. Cuarenta y cinco alevinos de paiche (86.84 ± 15.73 g) fueron distribuidos al azar en nueve tanques de cemento recubiertos con mayólicas. Los peces fueron alimentados diariamente con una tasa de alimentación equivalente al 3% de su biomasa corporal. Se registró el crecimiento en peso y longitud en muestreos quincenales. Al término del experimento los animales alimentados con el T2 y T3 presentaron mayor ganancia en peso y longitud que los peces del T1 ($P<0.05$). Al no existir diferencias significativas entre T2 y T3, se concluye que el T2 (40% PB) es el nivel proteico más adecuado para la alimentación de juveniles de paiche de 85 g de peso promedio.

PALABRAS CLAVE: *Arapaima gigas*, crecimiento, proteína dietaria, alimento extruído.

EFFECTS OF THREE DIETARY PROTEIN LEVELS ON GROWTH OF PAICHE, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822) JUVENILES

ABSTRACT

The main goal of this study was to determine the effects of three levels of dietary protein (T1=35, T2=40 and T3=45% CP) on paiche, *Arapaima gigas*, juveniles growth during an 84-day grow-out experiment. A total of 45 fish (86.84 ± 15.73 g) were placed in groups of 5 fish into nine indoor tile-bottom tanks and fed to 3% of its body weight daily. Fish weight and length were recorded biweekly. At the end of the study, fish fed with dietary treatments T2 and T3 showed better weight and length gain than fish fed the T1 diet ($P<0.05$). Since no significant differences were found between T2 and T3, we conclude that T2 (40% CP) is the most adequate protein level to feed paiche juveniles averaging 85 g of live weight.

KEYWORDS: *Arapaima gigas*, growth, dietary protein, extruded diet.

INTRODUCCIÓN

El paiche (*Arapaima gigas*) es el mayor pez escamado que habita los cuerpos de agua de la cuenca amazónica y es considerado una promisoria especie para la piscicultura continental en los países amazónicos (Imbiriba, 2001; Chu-Koo & Alcántara, 2007). Este pez posee una gran rusticidad y capacidad de adaptación a condiciones de cautiverio y aunque mayormente se cría en estanques de tierra, se han reportado exitosas experiencias de cultivo en tanques-red en el Brasil (Cavero *et al.*, 2003a,b) y jaulas flotantes el Perú (Rebaza *et al.*, 2006), alcanzando entre 8 a 12 kilos al año, una tasa de crecimiento que entre los peces cultivados en el mundo, es casi cinco veces superior al del salmón del Atlántico e incluso ligeramente superior a la cobia (Liao *et al.*, 2004; Chu-Koo *et al.*, 2007).

Entidades gubernamentales peruanas promocionaron con éxito las bondades de la carne de este pez en ferias gastronómicas europeas, es así que, estudios de mercado realizados principalmente en Alemania (Udewald, 2006), el Reino Unido, Suiza y Francia (Mueller, 2006), revelan un mercado potencial para la carne y productos derivados del paiche en dichos países. Sin embargo, la ausencia de una oferta exportable de esta especie hace absolutamente necesario la implementación de mayores recursos humanos y económicos para investigación, de modo tal, que se logre superar los cuellos de botella actuales que limitan las tecnologías actuales de producción de esta promisoria especie de la acuicultura amazónica.

Entre las principales informaciones que deben ser dilucidadas claramente al momento de establecer paquetes tecnológicos para una nueva especie en acuicultura resaltan los requerimientos nutricionales de la especie objetivo (Ituassu *et al.*, 2005) para la formulación de dietas comerciales con los niveles adecuados de proteína dietaria. Debido a que las proteínas son el componente más caro de las dietas en acuicultura, es importante determinar el nivel de requerimiento óptimo para el crecimiento y la sobrevivencia del organismo en cultivo (Lee *et al.*, 2000).

Una significativa reducción en el costo de los alimentos puede ser alcanzado siempre y cuando, dietas con bajos niveles proteicos puedan alimentar a un pez sin comprometer su crecimiento y salud (Webster *et al.*, 2000). Sin embargo, niveles de proteína dietaria inadecuados resultan en la reducción o el cese del crecimiento y por el contrario, excesivas dosificaciones de proteína dietaria, conllevaría a que solo una parte de ésta sea transformada en nuevas proteínas, mientras que el resto será convertido en

energía (Wilson, 2002). La proteína dietaria proporciona los aminoácidos esenciales y no esenciales necesarios para la síntesis de músculos y tejidos corporales y en menor proporción brinda también la energía para el mantenimiento de los organismos vivos.

La utilización de la proteína dietaria por un organismo depende del tipo de dieta manufacturada, de la digestibilidad de la proteína dietaria, el contenido de aminoácidos, de la proporción energía/proteína y finalmente de la cantidad de proteína ofertada. Otros factores que afectan la utilización de las proteínas están relacionados con el tamaño y edad de los peces, el sexo, genotipo y condiciones ambientales (Lim *et al.*, 1979).

Según sea la especie a ser cultivada, la edad, la fuente proteica y las condiciones ambientales, generalmente los requerimientos proteicos en peces piscívoros varían entre 30 a 55% (NRC, 1993).

A la fecha existe escasa literatura referida a los requerimientos nutricionales del paiche en todos sus estadios. A pesar de que se reportan experiencias de cultivo en tanques-red (Cavero *et al.*, 2003a; Ono *et al.*, 2004), estanques de tierra (Alcántara & Guerra, 1992; Imbiriba, 2001; Pereira-Filho *et al.*, 2003; Alcántara *et al.*, 2006) y jaulas flotantes (Ono *et al.*, 2003; Chu-Koo & Alcántara, 2007), los investigadores dedicados al estudio de este pez han dado mayor importancia a otros aspectos como la tasa de alimentación (Padilla *et al.*, 2002), densidad de cultivo (Cavero *et al.*, 2003b), frecuencia alimenticia (Gandra *et al.*, 2007) y a los parámetros sanguíneos y de respuesta al estrés (Andrade *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2003; Gomes *et al.*, 2006; Gomes, 2007; Tavares-Dias *et al.*, 2007) dando como resultado un casi total desconocimiento de los aspectos nutricionales de esta promisoria especie.

En base a lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de paiches juveniles (85 g de peso promedio) criados bajo techo, en tanques de cemento revestidos de mayólicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones Quistococha (CIQ), perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana –IIAP. El CIQ está ubicado en el Km. 4.5 de la Carretera Iquitos–Nauta (Provincia de Maynas, región Loreto).

TRATAMIENTOS

Los tratamientos (niveles proteicos dietarios) evaluados en el estudio fueron los siguientes:

T1 : 35% de proteína bruta (PB)

T2 : 40% de PB

T3 : 45% de PB

La fase experimental se llevó a cabo en nueve tanques rectangulares de cemento con un volumen promedio de 250 litros de agua. Un total de 45 juveniles de paiche (86.84 ± 15.73 g) fueron distribuidos en grupos de cinco (5) peces en los tanques disponibles. La densidad de cultivo fue de 1 pez/50 litros. Tres dietas con distintos niveles proteicos (Tabla 1) fueron distribuidas aleatoriamente en los nueve tanques. La alimentación de los peces se realizó cinco veces al día con una ración equivalente al 3% de la biomasa corporal por un periodo de 84 días. Cada tanque fue sifoneado dos veces al día (07.30 y 16.30 h) y cada quince días fueron desinfectados con permanganato de potasio para evitar la presencia de parásitos. Diariamente se registraron los valores de temperatura, oxígeno y pH con un medidor multiparámetros YSI MPS 556, mientras que cada quince días se registraron los valores de alcalinidad,

amonio, CO_2 y dureza utilizando un kit de análisis de aguas dulces AQ-2 fabricado por la empresa LAMOTTE.

MUESTREOS BIOMÉTRICOS

Cada 15 días se ejecutaron muestreos biométricos para registrar el crecimiento en peso y longitud de los peces y readjustar las raciones diarias para las dos semanas siguientes. Al final del estudio se calcularon los siguientes índices: 1) factor de condición (K), 2) tasa de crecimiento específico (TCE), 3) conversión alimenticia aparente (CAA), 4) sobrevivencia (S) y 5) ganancia de peso diario (GPD).

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos fueron analizados a través de One-way ANOVA. Datos expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arcoseno previo a su análisis. Se usó la prueba de comparación de medias de Tukey-Kramer ($\alpha = 0.05$) cuando se encontró diferencias significativas en el ANOVA. Se utilizó el programa estadístico JMP IN® Versión 4.0.4. (Sall *et al.*, 2001) para el análisis. Los resultados de crecimiento e índices zootécnicos son mostrados como el promedio \pm error estándar de la media.

Tabla 1. Composición porcentual y proximal de las tres dietas experimentales extruídas conteniendo tres niveles de proteína dietaria, utilizadas en la alimentación de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, durante 84 días.

INSUMOS	DIETAS		
	T1 (35% PB)	T2 (40% PB)	T3 (45% PB)
Harina de maíz	40.00	40.00	30.00
Gluten de maíz	4.00	4.00	4.00
Harina de pescado	21.48	48.08	55.51
Torta de soya	31.21	6.10	7.03
Moyuelo de trigo	0.0	0.0	3.00
DL – Metionina	0.24	0.0	0.07
Cloruro Colina 60%	0.10	0.10	0.10
Carbonato de Calcio	0.29	0.0	0.0
Premix Acuacultura (Trucha)	0.12	0.12	0.12
Aceite vegetal	2.00	1.43	0.0
Antioxidante	0.02	0.02	0.02
L-Lisina	0.40	0.0	0.0
Antimicótico	0.15	0.15	0.15
TOTAL	100.0	100.0	100.0
Humedad (%)	10.00	8.91	8.41
Materia Seca (%)	90.00	91.09	91.59
Proteína (%)	35.00	40.00	45.00
Grasa (%)	6.47	7.79	6.53
Fibra (%)	2.06	1.31	1.31
Carbohidratos (%)	39.19	31.42	26.52
Ceniza (%)	7.28	10.57	12.23
Energía digestible (Mcal/Kg)	3.00	3.20	3.21
Lisina (%)	2.50	2.75	3.15
Metionina (%)	1.01	1.14	1.35
Metionina + Cistina (%)	1.50	1.59	1.85
Fenilalanina + Tirosina (%)	2.68	2.95	3.39
Fósforo Total (%)	0.85	1.34	1.52

RESULTADOS

CALIDAD DE AGUA

Los parámetros físicos y químicos del agua registrados durante los 84 días de experimentación se muestran en la Tabla 2. Estos valores a excepción del oxígeno disuelto están dentro de los rangos aceptables para el desarrollo del cultivo del paiche.

Los bajos niveles de oxígeno disuelto en realidad no representa un problema crítico para esta especie puesto que casi el 80% del oxígeno que captan para su respiración proviene del aire atmosférico y se procesa directamente a través de un órgano especializado de respiración (Brauner & Val, 1996).

CRECIMIENTO

En la Tabla 3 se muestran los pesos y longitudes iniciales y finales así como las ganancias de peso y longitud en cada uno de los tres tratamientos al finalizar los 84 días de estudio. Los resultados indican que al final del estudio el crecimiento de los peces del T1 fueron significativamente inferiores ($P<0.05$) en relación a los de los paiches de los tratamientos T2 y T3. Al comparar los niveles de crecimiento (PF, GP, GL y GPD) entre T2 y T3 el test de Tukey no revela diferencias significativas entre estos dos últimos ($P>0.05$).

En la Figura 1 se muestra la evolución temporal del crecimiento en peso de los individuos por cada tratamiento. Allí se puede notar que desde el segundo

muestreo los peces del T1 (35% de PB) mostraron un nivel de crecimiento en peso inferior cuando comparado con los peces alimentados con las dietas conteniendo 40 y 45% de proteína dietaria y por ende fueron quedando relegados.

Al finalizar el experimento, los peces de los tratamientos T2 y T3 (40 y 45 % de PB respectivamente), ganaron en promedio entre 174.8 y 161.4 g más en peso que los peces del T1, una diferencia de peso importante a ser considerada.

INDICES ZOOTÉCNICOS

Al evaluarse los índices zootécnicos obtenidos en el estudio se hace evidente el mejor desempeño de los juveniles alimentados con las dietas conteniendo niveles de proteína bruta entre 40 y 45% con respecto a los peces del T1 ($P<0.05$).

Los peces alimentados con los tratamientos T2 y T3 alcanzaron tasas de crecimiento específicos notoriamente superiores a los individuos del T1 ($P = 0.001$). A través de las pruebas de Tukey-Kramer realizadas se pudo constatar también que los peces de estos dos tratamientos presentaron mejores factores de condición ($P = 0.0339$) y conversión de las dietas suministradas ($P = 0.0022$), respectivamente. Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre T2 y T3 según Tukey ($P>0.05$). No se registró mortalidad en ninguna de las réplicas de los tres tratamientos evaluados (Tabla 4).

Tabla 2. Calidad de agua (promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de proteína durante 84 días.

PARÁMETROS	(Promedio \pm desviación estándar)		
	T1	T2	T3
Temperatura (°C)	24.7 \pm 0.8	24.7 \pm 0.8	24.8 \pm 0.9
Oxígeno disuelto (mg/l)	2.1 \pm 1.3	2.2 \pm 1.4	2.2 \pm 1.5
pH (upH)	6.1 \pm 0.4	6.1 \pm 0.4	6.1 \pm 0.4
Amonio (ppm)	0.72 \pm 0.3	0.72 \pm 0.3	0.72 \pm 0.3
Dureza (ppm)	26.0 \pm 4.2	26.0 \pm 6.6	25.0 \pm 5.0
Alcalinidad (ppm)	28.0 \pm 3.9	29.0 \pm 3.4	29.0 \pm 3.5
Dióxido de carbono (ppm)	14.8 \pm 2.2	17.8 \pm 4.4	17.4 \pm 3.3

Tabla 3. Crecimiento en peso (g) y longitud (cm) registrados en juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de proteína dietaria durante 84 días. Valores que comparten la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey-Kramer ($P>0.05$)

TRATAM.	PI (g)	PF (g)	GP (g)	LI (cm)	LF (cm)	GL (cm)	GPD (g/d)
T1	86.3	293.6 ^a	207.3 ^a	23.43	34.07 ^a	10.64 ^a	2.47 ^a
T2	88.5	470.5 ^b	382.1 ^b	23.31	39.21 ^b	15.89 ^b	4.53 ^b
T3	85.7	454.4 ^b	368.7 ^b	23.18	37.86 ^b	14.67 ^b	4.36 ^b
EEA	2.0	20.1	19.7	0.2	0.7	0.7	0.2
Valor de <i>P</i>	0.6304	0.0014	0.0013	0.6307	0.0066	0.0044	0.0012

Leyenda: PI = peso inicial, PF = peso final, GP = peso ganado, LI = longitud inicial, LF = longitud final, GL = longitud ganada, GPD = ganancia de peso diario, EEA = error estándar agrupado, *P* = probabilidad.

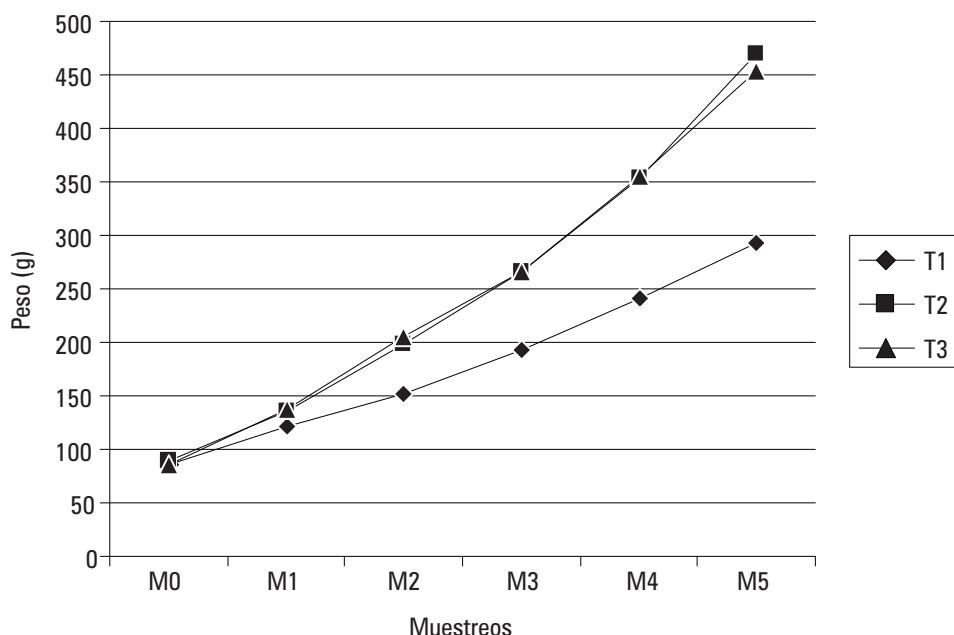


Figura 1. Peso promedio (g) de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de proteína dietaria, durante 84 días.

Tabla 4. Resultados de TCE, K, TCAA y sobrevivencia de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con tres niveles de proteína durante 84 días.

TRATAMIENTO	TCE	K	TCAA	S
T1	0.63 ^a	0.74 ^a	1.56 ^a	100 ^a
T2	0.86 ^b	0.78 ^b	1.07 ^b	100 ^a
T3	0.86 ^b	0.84 ^b	1.12 ^b	100 ^a
Error estándar	0.03	0.02	0.06	0.0
Valor de P	0.001	0.0339	0.0022	----

DISCUSIÓN

El conocimiento de los niveles óptimos de proteína dietaria es un requisito primario para la adecuada formulación de dietas nutricionalmente balanceadas y de bajo costo en acuicultura (Khan & Jafri, 1990). En el caso particular del paiche y en los Osteoglossiformes en general (p.e. *Osteoglossum* spp., *Scleropages* spp. y *Heterotis* spp.), existe escasa bibliografía acerca de los requerimientos nutricionales de las especies de dicho orden taxonómico. En una de las pocas referencias encontradas en el *A. gigas*, Ituassu *et al.* (2005) evaluaron el crecimiento de juveniles alimentados con dietas conteniendo cinco niveles de proteína dietaria, concluyendo que animales de 120 g de peso vivo tienen un mejor desempeño productivo cuando son alimentados con dietas de 48.6% de proteína cruda.

En el presente trabajo se reportan aceptables niveles de crecimiento y conversión alimenticia en peces de 85 g con dietas conteniendo entre 40 a 45% de proteína dietaria, concentraciones más bajas a los reportados por Ituassu *et al.* (2005). Este resultado es obviamente de interés general puesto que una significativa reducción en el costo de los alimentos puede ser alcanzado siempre y cuando, dietas con bajos niveles proteicos puedan alimentar a un pez sin comprometer su crecimiento y salud (Webster *et al.*, 2000).

Los ICAA registrados en el presente estudio son significativamente bajas en relación a las registradas por Padilla *et al.* (2003) quienes reportan conversiones de hasta 3:1 con una dieta peletizada conteniendo 50% de PB durante 90 días. Valores de ICAA mayores a 3 son frecuentes en estudios de alimentación con paiche, sin embargo, en los últimos años la introducción de dietas extruídas en la alimentación del paiche han mejorado paulatinamente la conversión alimenticia hasta alcanzar niveles entre 2.3 y 1.3 (Pereira *et al.*, 2003; Crescencio *et al.*, 2005; Rebaza *et al.*, 2006), similares a los obtenidos en el presente estudio.

Si comparamos los niveles de TCE registrados en el presente estudio con otras investigaciones reportadas en la misma especie verificaremos que las velocidades de crecimiento de nuestros peces fueron particularmente inferiores a lo encontrado en otros estudios realizados en la misma especie. Experimentos realizados en el INPA (Brasil) y en el IIAP (Perú) muestran tasas de crecimiento específico que alcanzan entre 1.1 a 2.8% (Cavero *et al.*, 2003a; Crescencio *et al.*, 2005; Ituassu *et al.*, 2005; Padilla *et al.*, 2006). Estos datos nos indican que es más que probable que el requerimiento proteico del paiche en esta etapa de su vida (80 - 90 g) sea superior al 45%, por tanto, nuevos experimentos deben ser conducidos a fin de dilucidar el requerimiento óptimo para esta especie durante su desarrollo ontogenético en medios confinados (piscicultura).

Los requerimientos de una especie varían con la edad y el paiche no sería la excepción a la regla. Hace unos años, investigadores del IIAP reportaron excelentes niveles de crecimiento en juveniles de 500 g utilizando dietas extruídas con 40% de proteína, alcanzando pesos finales entre 8 a 12 kilos/año en jaulas flotantes (Chu-Koo *et al.*, 2007).

Experiencias realizadas en otras especies carnívoras reportan también niveles de TCE y de requerimiento dietario de proteínas superiores al presente trabajo. Por ejemplo, Schulz *et al.* (2007) estimaron valores de TCE mínimos de 2.4 y máximos de 3.1 en alevinos de perca alimentados con dietas conteniendo hasta 61% de proteína cruda. Schuchardt *et al.* (2008) reportan niveles de TCE entre 2.28 y 2.48 en alevinos de pargo alimentados con dietas conteniendo niveles proteicos entre 40 a 65% y que la conversión alimenticia bajó de 1.7 a 1.2 a medida que se incrementó el nivel de concentración de proteína dietaria de 40 a 50%, llegándose incluso hasta obtener una conversión de 1.05 en los peces alimentados con la dieta más alta en proteínas (65% de PB).

CONCLUSIONES

Al no haber diferencias sustanciales entre los tratamientos T2 y T3 en lo referente a la tasa de crecimiento específico, factor de condición, conversión alimenticia, ganancia en peso y ganancia de peso diario según la prueba de Tukey, concluimos que el nivel proteico más adecuado para la alimentación de paiches juveniles en el presente estudio fue 40% PB. Sin embargo, la comparación del nivel de crecimiento de nuestros peces respecto a lo observado en otros trabajos realizados con la misma especie nos lleva a recomendar el uso de mayores concentraciones de proteína en la dieta si es que se desea alcanzar tasas de crecimiento individuales que superen el 1% de su peso diario.

Al término de este experimento y a la luz de los resultados obtenidos no es difícil predecir que el incremento de la productividad de los sistemas acuícolas en la Amazonía peruana solo será posible por medio del conocimiento. En ese sentido, el fomento a la investigación de los requerimientos nutricionales del paiche y de las principales especies amazónicas es un requisito fundamental para el desarrollo de paquetes tecnológicos actualizados y viables técnica y económicamente, puesto que la alimentación es uno de los principales factores que afectan los costos de producción en acuicultura.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana –IIAP, al Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana - BIODAMAZ y al Proyecto INCAGRO, que a través del Contrato N° 2007-00543-AG-INCAGRO/FDSE (Subproyecto PAICHE) han financiado la ejecución y publicación de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alcántara, F.B.; Aldea, M.; Ramírez, P.; Chávez, C.; Del Castillo, D.; Tello, S. 2006. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en estanques de productores en Loreto, Perú. In: Renno, J. F.; García Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 163-168.
- Alcántara, F. B.; Guerra, H. F. 1992. Cultivo del paiche, *Arapaima gigas*, utilizando bujurqui, *Cichlassoma bimaculatum*, como presa. *Folia Amazónica*, 4(1):129-139.
- Andrade, J.I.A.; Ono, E.A.; Menezes, G.C.; Brasil, E.M.; Roubach, R.; Urbinati, E.C.; Tavares-Dias, M.; Marcon, J.L.; Affonso, E.G. 2007. Influence of diets supplemented with vitamin C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 146(4):576-580.
- Brauner, C. J.; Val, A. L. 1996. The interaction between O₂ and CO₂ exchange in the obligate air breather, *Arapaima gigas*, and the facultative air breather, *Lipossarcus pardalis*. In: Val, A. L.; Almeida-Val, V. M. F.; Randall, D. J. (Eds). *Physiology and Biochemistry of the Fishes of the Amazon*. p. 101-110.
- Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Ituassú, D.R. 2003a. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(6):723-728.
- Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Ituassú, D.R.; Gandra, A.L.; Crescencio, R. 2003b. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu, em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38:103-107.
- Chu-Koo, F.; Alcántara, F. 2007. De la selva su acuicultura. Sobre los avances en acuicultura en la amazonía peruana y las oportunidades de inversión. *Perú Económico*, 30(1):11-12.
- Chu-Koo, F.; Valdivieso, M.; Tello, S.; Rebaza, M.; Rebaza, C.; Deza, S.; Alcántara, F. B. 2007. Análisis económico de la crianza del paiche o pirarucu (*Arapaima gigas*) en jaulas flotantes en un lago amazónico peruano. *Infopesca Internacional*, 30(1):28-31.
- Crescencio, R.; Ituassú, D.R.; Roubach, R.; Pereira-Filho, M.; Cavero, B.A.S.; Gandra, A.L.; 2003. Influencia do periodo de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40(12):1217-1222.
- Gandra, A.L.; Ituassu, D.R.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Crescencio, R.; Cavero, B.A.S. 2007. Pirarucu growth under different feeding regimes. *Aquaculture International*, 15:91-96.
- Gomes, L.C. 2007. Physiological responses of pirarucu (*Arapaima gigas*) to acute handling stress. *Acta Amazonica*, 37(4):629-634.
- Gomes, L.C.; Chagas, E.C.; Brinn, R.P.; Roubach, R.; Coppati, C.E.; Baldisserotto, B. 2006. Use of salt during transportation of air breathing pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) in plastic bags. *Aquaculture*, 256:521-528.
- Gomes, L.C.; Roubach, R.; Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Urbinati, E.C. 2003. Transport of pirarucu *Arapaima gigas* juveniles in plastic bags. *Acta Amazonica*. 33:631-636.

- Imbiriba, P. 2001. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas* em cautiverio. *Acta Amazônica*, 31(2):299-316.
- Ituassú, D.R.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Crescencio, R.; Cavero, B.A.S.; Gandra, A.L. 2005. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(3):255-259.
- Lee, S.M.; Cho, S.H; Kim, K.D. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 31:306-315.
- Liao, I. C.; Huang, T.S.; Tsai, W.S.; Hsueh, C.M.; Chang, S.L.; Leaño, E.M. 2004. Cobia culture in Taiwan: Current status and problems. *Aquaculture*, 237:155-165.
- Lim, C.; Sukhawongs, S; Pascual, F. 1979. A preliminary study on the protein requirements of *Chanos chanos* (Forskal) fry in a controlled environment. *Aquaculture*, 17:195-201.
- Mueller, O. 2006. *Arapaima gigas* market study. Current status of *Arapaima* global trade and perspectives on the Swiss, French and UK markets. UNCTAD-BioTrade. 52pp.
- National Research Council. 1993. *Nutrient requirements of fish*. Washington, D.C.: National Academy Press. 114pp.
- Ono, E.A.; Halverson, M. R; Kubitzka, F. 2004. Pirarucu – O gigante esquecido. *Panorama da Aquicultura*, 14:14-25.
- Ono, E.A.; Roubach, R; Pereira, M. F. 2003. Pirarucu Production – Advances in Central Amazon, Brazil. *Global Aquaculture Advocate*, 6:44-46.
- Padilla, P.; Ismiño, R.; Alcántara, F.B.; Tello, S. 2002. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del paiche, *Arapaima gigas*. In: Memorias: Manejo de Fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica. p. 59-62.
- Padilla, P.; Ismiño, R.; Alcántara, F.B.; Tello, S. 2003. Producción y manejo de alevinos de paiche en ambientes controlados. In: Alcántara, F. B.; Montreuil, V. H. (Eds). *Memoria del Seminario Taller Internacional de Manejo de Paiche o Pirarucu*. p. 125-141.
- Padilla, P. García, A.; Sandoval, M. 2006. Crecimiento compensatorio de alevinos de paiche, *Arapaima gigas*, en ambientes controlados. In: Renno, J. F.; García Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 173-177.
- Pereira-Filho, M.; Cavero, B.A.S.; Roubach, R.; Ituassú, D.R.; Gandra, A.L.; Crescencio, R. 2003. Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. *Acta Amazônica*, 33:715-718.
- Rebaza, M.; Rebaza, C.; Deza, S. 2006. Avances en el cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en jaulas flotantes en el Lago Imiria, Perú. In: Renno, J. F.; García Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 169-172.
- Sall, J.; Lehman, A.; Creighton, L. 2001. *JMP Start Statistics: A guide to statistics and data analysis using JMP and JMP IN software*. Duxbury Thomson Learning. Canada. 491pp.
- Schuchardt, D.; Vergara, J.M.; Fernandez-Palacios, H.; Kalinowski, C.T.; Hernandez-Cruz, C.M.; Izquierdo, M.S.; Robaina, L. 2008. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 14:1-9.
- Schulz, C.; Bohm, M.; Wirth, M.; Rennert, B. 2007. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 13:373-380.
- Tavares-Dias, M.; Barcellos, J. F. M.; Marcon, J.L.; Menezes, G. C.; Ono, E.A.; Affonso, E.G. 2007. Hematological and biochemical parameters for the pirarucu, *Arapaima gigas*, Shinz, 1822 (Osteoglossiformes, Arapaimatidae) in net cage culture. *Electronic Journal of Ichthyology*, 2:61-68.
- Udewald, R. 2006. *Potencial de peces amazónicos en el mercado alemán: Paiche, Gamitana y Dorado*. PNBP-PROMPEX. 34p.
- Webster, C.D.; Tiu, L.G; Morgan, A.M. 2000. Difference in growth in blue catfish, *Ictalurus furcatus* and channel catfish, *Ictalurus punctatus* fed low-protein diets with or without supplemental methionine and/or lysine. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31:195-205.
- Wilson, R.P. 2002. Amino acids and proteins. In: Halver, J.E.; Hardy, R.W. (Eds), *Fish Nutrition*. 3rd Ed. pp. 143-199. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE NUEVE ACCESIONES DE *Plukenetia volubilis* L. DE LOS DEPARTAMENTOS DE LORETO Y SAN MARTÍN

Claudia MERINO-ZEGARRA¹, Pedro VÁSQUEZ-OCMÍN¹, Martha MACO, Dennis DEL-CASTILLO², Guillermo VÁSQUEZ⁴, Danter CACHIQUE², Antonio PASQUEL³ y Víctor SOTERO¹

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Apartado 784. Iquitos, Perú. Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas-IIAP.claudia.mz@hotmail.com.
- 2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Apartado 784. Iquitos, Perú. Programa de Investigación del Bosque y sus Recursos.
- 3 Facultad de Industrias Alimentarias-Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) - Nauta 5a cuadra, Iquitos.
- 4 Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de San Martín (UNSM) - Morales, San Martín.

RESUMEN

Se realizó la caracterización química de las semillas de nueve accesiones de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. del “Centro de Investigaciones de Pucayacu” (Banco de germoplasma - Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana) en Tarapoto, San Martín. Esta caracterización fue basada en análisis centesimales, análisis fisicoquímicos de aceites, determinación de minerales, caracterización de ácidos grasos e identificación de aminoácidos esenciales. Se determinó que las mejores accesiones en rendimiento de aceite fueron las accesiones 4 y 2 con 20.12% y 20.23% respectivamente. En cuanto a minerales las mejores accesiones fueron (en miligramos por 100g de muestra seca) el 4 (K=892.93; Na=238.02; Zn=16.43) y el 5 (K=863.65; Zn=15.95; Mg=340.15). En tanto que en ácidos grasos los mayores valores de ω -3, fueron encontrados en la accesión 18 (47.91%) y ω -6 en la accesión 6 (41.09%). Todos los resultados encontrados fueron significativos estadísticamente (test Tukey), permitiéndonos determinar que existen diferencias concretas en la características químicas entre las accesiones estudiadas

PALABRAS CLAVE: Ácidos grasos, aminoácidos, accesiones, *Plukenetia volubilis*, sacha inchi.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF NINE ACCESIONS OF *Plukenetia volubilis* L. THE DEPARTMENTS OF LORETO AND SAN MARTÍN

ABSTRACT

This study reports the chemical characterization of nine ecotypes of sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. seeds, obtained from the “Pucayacu Investigacion Center” (germplasm bank of the “Research Institute of the Peruvian Amazon - IIAP”), Tarapoto, San Martín. This characterization was based on centesimal analysis, oil physical chemistry analysis, mineral determination by atomic absorption, fatty acids characterization by gas chromatography and essential amino acids identification by thin layer chromatography. It was determined that the best ecotypes regarding oil production were the ecotypes 4 and 2 with 20.12% and 20.23%, respectively. Regarding minerals, the best ecotypes (in milligrams per 100g of dry extract) were 4 (K=892.93; Na=238.02; Zn=16.43) and 5 (K=863.65; Zn=15.95; Mg=340.15). Concerning fatty acids, the greatest values of ω -3 were found in ecotype 18 (47.91%) and ω -6 in ecotype 6 (41.09%). All the results were statistically significant (Test Turkey). This allowed us to determine that there are concrete differences in the chemical characteristics between the studied ecotypes.

KEYWORDS: Fatty acids, amino acids, ecotypes, *Plukenetia volubilis*, sacha inchi.

INTRODUCCIÓN

Plukenetia volubilis Linneo, *sacha inchi*, es una oleaginosa de la familia Euphorbiaceae, que comúnmente se conoce como “maní del monte”, “sacha yuchi”, “sacha yuchiqui”, “sacha maní” o “maní del inca”. Crece en suelos cuya altitud varía de 80 a 1700 m.s.n.m. La planta de sacha inchi es utilizada tradicionalmente por las poblaciones amazónicas (indígena y mestiza), quienes aprovechan sus frutos, hojas, tallo y raíces como alimento, combustible, restaurador de piel, insecticida, desparasitador, vigorizante y contra el reumatismo (IIAP, 2009). En la actualidad existen registrados cerca de 51 ecotipos con una amplia variabilidad genética, y que se encuentran distribuidos en las regiones San Martín, Ucayali, Junín, Loreto, Cusco y Huánuco (Dánter, 2006).

En los últimos años, el sacha inchi ha sido objeto de un redescubrimiento, debido a sus altas concentraciones de ácidos grasos ω -3 (43.75 %), ω -6 (36.99%), superiores a los aceites de semillas oleaginosas tradicionales (Mejía *et al.*, 1997). Estas características químicas son lo que confieren al sacha inchi las propiedades ideales para mejorar la dieta alimenticia de las personas, así como para la recuperación de enfermos, disminución del colesterol y la obesidad (Ronayne, 2000). No obstante las condiciones del medio ambiente (clima, suelo) donde se desarrollan las accesiones, hacen que la composición química varíe uno del otro. Es por ello que el objetivo de este estudio fue caracterizar químicamente nueve accesiones de sacha inchi a fin de seleccionar las de mejores cualidades en cuanto a concentración de ácidos grasos ω -3 y ω -6 y la presencia de aminoácidos esenciales.

MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL BIOLÓGICO

Las semillas de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L., fueron colectadas en los Departamentos de Loreto (accesiones 2 y 12) y San Martín (accesiones 3, 4, 5, 6, 9, 17 y 18). Posteriormente fueron sembradas en el Centro de Investigaciones de Pucayacu del IIAP, filial Tarapoto, San Martín. A partir de esta siembra (banco de germoplasma) se obtuvieron semillas para los análisis químicos que fueron realizados en el Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Se realizaron los análisis centesimales según metodología de Lutz (1985). Para la determinación de

minerales se realizaron digestiones sucesivas a partir de las cenizas con ácido clorhídrico 0.3N y utilizando el equipo de espectrofotometría de absorción atómica VARIAN AA240, con un sistema de aire: acetileno (Osborne & Voogt, 1978; AOAC, 2005). Asimismo se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (índice de acidez e índice de peróxido) en los aceites (AOAC, 2005). Para la caracterización de ácidos grasos, los aceites fueron derivatizados y esterificados según metodología de Hartman & Lago (1973). La identificación por cromatografía gaseosa se realizó utilizando un equipo VARIAN 450-GC, columna de sílica fundida supelcowax de 60 mm. y 0.25 mm. de diámetro, conteniendo 0.25 μ m de polietilenglicol, detector de ionización de llama (FID), helio como gas de arrastre a un flujo de 1.5 ml/min, programación de temperatura de la columna con calentamiento a 1 $^{\circ}$ C/min de 170 $^{\circ}$ C hasta 225 $^{\circ}$ C, temperatura del detector de 260 $^{\circ}$ C, razón de división split de la muestra en el inyector de 1/20 (AOAC, 2005). Se identificaron aminoácidos esenciales en la semilla de las accesiones, para lo cual se pesó 0.05g de muestra desengrasada, realizándose una extracción con agua destilada denominada extracto “A” y otra con agua acidulada con HCl 1N, denominada extracto “B”; ambas fueron colocadas en baño de agua a 100 $^{\circ}$ C y centrifugadas. Posteriormente se aplicó 20 μ l de cada extracto para la identificación por cromatografía de capa fina. Los sistemas y reveladores utilizados fueron: extracto “A”, sistema: n-butanol: acetona: amoníaco: agua (50:50:10:50), y solución etanólica de nihidrina al 0,20% como revelador; extracto “B”, sistema: n-butanol: ácido acético glacial: agua (80:48:32) y solución acetónica de nihidrina al 0,25% como revelador (Ramos, 2005).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza simple (ANOVA), utilizándose el programa estadístico JMP IN versión, 4.0.4 (Sall *et al.*, 2001). Cuando se observó significancia en esta prueba, se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey (alpha=0.05), n=3 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El rendimiento de aceite en base seca reportó mayor porcentaje en las accesiones 4 y 2 con 20.12% y 20.23% respectivamente, y menor porcentaje las accesiones 18 y 9 con 7.62% y 7.80% respectivamente (Tabla 1); estos valores son menores a los encontrados por Follegatti-Romero *et al.* (2009) quien trabajó con muestras procedentes de Tingo María, utilizando dos metodologías de extracción: con hexano obtuvo un 54.3% y con CO₂ supercrítico valores de 41.9% a

50.10%. Bondioli *et al.* (2006) reportó concentraciones superiores de 34.42%, y Pascual *et al.* (1998) de 51.4%; la extracción fue mecánica y por solvente con diferentes parámetros de tratamiento térmico. La variación de los resultados puede deberse al tratamiento postcosecha, al almacenamiento de las semillas, a la temporada de colecta, a la diferencia de accesiones y al lugar de crecimiento. En cuanto a los valores de proteínas totales, reportaron mayor porcentajes las accesiones 12 y 18 con 41.71% y 42.49% respectivamente, y menor porcentaje la accesión 17 con 31.44% (Tabla 1), valores superiores a los obtenidos por Hamaker (1992) que fue de 27%. Asimismo en carbohidratos reportaron con mayores porcentajes las accesiones 6, 9 y 17 con 51.81%, 55.40% y 56.30% respectivamente, y menor porcentaje la accesión 2 con 44.36% (Tabla 1), valores superiores a lo obtenido por García (1992) que fue de 29.88%.

Los minerales tienen cantidades considerables (en mg x 100g de muestra seca) en potasio, reportaron mayor concentración las accesiones 2, 5 y 4 con 850.08; 863.65 y 892.93 respectivamente y menor concentración la accesión 6 con 586.87 (Tabla 2). El segundo elemento en cuanto a valores, fue magnesio, que reportó mayor concentración la accesión 5 con 340.15 y menor concentración las accesiones 9 y 18 con 216.89 y 218.52 (Tabla 2). El tercer elemento en cuanto a valores, fue sodio, que reportó mayor concentración la accesión 4 con 238.02 y menor concentración 18 con 45.45 (Tabla 2). En calcio, reportó mayor concentración la accesión 3 con 105.94 y menor concentración las accesiones 17 y 18 con 63.62 y 67.46 respectivamente (Tabla 2).

Los valores de índice de acidez en los aceites (Tabla 3), reportaron mayores concentraciones en las accesiones: 2 y 6 con 0.10 mg de KOH/g de aceite, no superando el 1%, que es el límite permitido para aceites vírgenes (Consejo Oleícola Internacional, 2003) En cuanto al índice de peróxido (Tabla 3), la accesión 12 sobresale con 4.70 meq. O₂/kg aceite, encontrándose estos valores dentro del límite máximo permisible para el consumo humano que es de 15 meq O₂/kg aceite (Consejo Oleícola Internacional, 2003)

Los ácidos grasos insaturados reportaron altas concentraciones de ácido linolénico (ω-3) en la accesión 18 con 47.91 %, y menor porcentaje en la accesión 9 con 39.82%, valor superior a lo reportado por Pascual *et al.* (1998) y Mejía (1997) que fue de 43.75% (Tabla 4); del mismo modo se obtuvo concentraciones altas de ácido linoleico (ω-6) en la accesión 6 con 41.09% y menor porcentaje en las accesiones 12 y 18 con 34.41% y 34.42% respectivamente, valores superiores a Mejía (1997) que fue de 36.99% y Hamaker (1992) que fue de 36.8%. Aunque Follegatti - Romero *et al.* (2009), encontraron 50.45% y 50.41% extrayendo con CO₂ supercrítico y con hexano a muestras procedentes de Tingo María (Tabla 4).

Los extractos “A” y “B”, coinciden con los estándares de aminoácidos esenciales (arginina, valina, treonina, metionina, histidina, isoleusina, leusina, fenilalanina, triptófano), lo que indica la presencia de éstos, de igual manera se identificó trazas de lisina en las nueve accesiones (figuras 1 y 2).

Tabla 1. Análisis centesimales en la semilla (% peso en base seca) de nueve accesiones de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) procedentes de las regiones de Loreto y San Martín.

ACCESIONES	ANÁLISIS CENTESIMALES (promedios y desviación estándar)				
	% HUMEDAD	% CENIZAS	% PROTEÍNAS	% ACEITES	% CARBOHIDRATOS
2	5.92 ^b ± 0.23	2.07 ^a ± 0.04	33.34 ^b ± 0.25	20.23 ^b ± 0.64	44.36 ^a ± 0.81
3	6.70 ^{b,c} ± 0.11	2.30 ^{a,b} ± 0.04	34.06 ^b ± 0.00	15.07 ^c ± 0.45	48.57 ^a ± 0.43
4	6.52 ^{b,c} ± 0.07	2.29 ^{a,b} ± 0.07	33.04 ^b ± 0.25	20.12 ^b ± 0.12	47.54 ^a ± 5.60
5	6.61 ^{b,c} ± 0.10	2.23 ^a ± 0.06	34.21 ^b ± 0.25	14.09 ^c ± 0.40	49.46 ^a ± 0.42
6	7.08 ^c ± 0.25	2.20 ^a ± 0.06	34.79 ^b ± 0.25	11.20 ^{a,d} ± 0.78	51.81 ^{a,b} ± 0.75
9	6.49 ^{b,c} ± 0.06	2.16 ^a ± 0.07	34.65 ^b ± 0.25	7.80 ^e ± 0.94	55.40 ^{a,b} ± 1.12
12	6.39 ^{b,c} ± 0.13	2.44 ^{a,b} ± 0.06	41.71 ^d ± 1.66	8.97 ^{d,e} ± 0.43	46.88 ^a ± 1.81
17	6.38 ^{b,c} ± 0.03	2.20 ^a ± 0.04	31.44 ^{b,c} ± 0.00	10.05 ^{a,d,e} ± 0.36	56.30 ^{a,b} ± 0.38
18	5.73 ^b ± 0.12	2.25 ^a ± 0.04	42.49 ^d ± 0.45	7.62 ^e ± 0.90	47.64 ^a ± 0.74

Letras diferentes en una misma columna representan diferencias estadísticamente significativas, p< 0,05.

Tabla 2. Concentración de minerales encontrados en mg/100g de muestra seca de semillas de nueve accesiones de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) procedentes de las regiones de Loreto y San Martín.

	Na	K	Ca	Zn	Cu	Fe	Mg	Mn
2	205.27 ^b ± 0.38	850.08 ^b ± 2.43	98.40 ^b ± 0.15	11.62 ^{a,b} ± 0.65	1.01 ^a ± 0.14	6,34 ^{a,b} ± 0.98	289.55 ^{a,b} ± 59.94	0.67 ^a ± 0.25
3	133.42 ^a ± 0.26	661.07 ^c ± 0.21	105.94 ^c ± 0.56	13.12 ^{a,b,c} ± 2.72	0.75 ^a ± 0.12	4,68 ^{a,b} ± 1.75	279.17 ^{a,b} ± 45.32	0.68 ^a ± 0.04
4	238.02 ^c ± 3.27	892.93 ^b ± 7.07	80.97 ^d ± 0.42	16.43 ^{b,c} ± 1.75	0.89 ^a ± 0.01	4,56 ^{a,b} ± 0.70	277.48 ^{a,b} ± 44.55	0.73 ^a ± 0.18
5	83.35 ^d ± 0.05	863.65 ^b ± 4.88	95.14 ^{b,e} ± 1.74	15.95 ^{b,c} ± 0.69	0.95 ^a ± 0.00	4,61 ^{a,b} ± 0.70	340.15 ^{a,b,c} ± 15.36	0.83 ^a ± 0.13
6	91.83 ^{d,e} ± 2.04	586.87 ^d ± 1.66	92.13 ^{b,e,f} ± 5.54	13.77 ^{a,b,c} ± 0.58	0.74 ^a ± 0.21	4,62 ^{a,b} ± 1.01	255.12 ^{a,b} ± 30.37	0.77 ^a ± 0.11
9	88.26 ^{d,e} ± 0.23	764.23 ^a ± 9.35	89.91 ^{b,e,f} ± 0.26	4.90 ^a ± 0.74	0.90 ^a ± 0.35	4,46 ^{a,b} ± 0.57	216.89 ^a ± 37.77	0.64 ^a ± 0.08
12	50.75 ^f ± 2.99	744.32 ^a ± 15.39	87.59 ^{e,f} ± 3.02	6.38 ^a ± 0.29	1.15 ^a ± 0.05	4,33 ^{a,b} ± 0.88	227.27 ^a ± 20.72	0.76 ^a ± 0.16
17	62.62 ^g ± 0.45	799.26 ^a ± 16.30	63.62 ^g ± 0.18	6.12 ^a ± 0.56	1.11 ^a ± 0.11	4,07 ^{a,b} ± 0.80	222.62 ^a ± 13.69	0.68 ^a ± 0.16
18	45.45 ^f ± 3.43	687.23 ^c ± 42.32	67.46 ^g ± 0.86	6.05 ^a ± 1.08	0.76 ^a ± 0.24	4,14 ^{a,b} ± 0.38	218.52 ^a ± 2.57	0.60 ^a ± 0.03

Letras diferentes en una misma columna representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0.05$. Significados de símbolos químicos: Na = sodio, K = potasio, Ca = calcio, Zn = zinc, Cu = cobre, Fe = Fierro, Mg = Magnesio, Mn = Manganese

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos en el aceite de nueve accesiones de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) procedentes de los departamentos de Loreto y San Martín.

ACCESIONES	ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS (promedios y desviación estándar)	
	ÍNDICE DE ACIDEZ	ÍNDICE DE PERÓXIDOS
2	0.10 ^{a,b} ± 0.01	2.52 ^b ± 0.04
3	0.08 ^a ± 0.01	0.40 ^c ± 0.00
4	0.06 ^c ± 0.00	0.29 ^c ± 0.02
5	0.08 ^a ± 0.00	0.39 ^c ± 0.01
6	0.10 ^{a,b} ± 0.00	0.45 ^c ± 0.06
9	0.09 ^{a,b} ± 0.01	2.90 ^d ± 0.00
12	0.06 ^c ± 0.00	4.70 ^e ± 0.10
17	0.06 ^c ± 0.01	0.43 ^c ± 0.06
18	0.04 ^d ± 0.01	0.47 ^c ± 0.06

Letras diferentes en una misma columna representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0.05$.

Tabla 4. Ácidos grasos en el aceite de nueve accesiones de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) procedentes de los departamentos de Loreto y San Martín.

ACCESSIONES	% ÁCIDOS GRASOS (promedios y desviación estándar)				
	ÁC. PALMÍTICO	ÁC. ESTEÁRICO	ÁC. OLEICO	ÁC. LINOLEICO	ÁC. LINOLÉNICO
2	5.21 ^{a,b} \pm 0.10	3.56 ^b \pm 0.03	10.05 ^b \pm 0.03	37.18 ^b \pm 0.09	44.00 ^b \pm 0.20
3	4.82 ^a \pm 0.04	3.49 ^{b,c} \pm 0.02	10.28 ^c \pm 0.03	39.29 ^c \pm 0.01	42.13 ^c \pm 0.01
4	4.81 ^a \pm 0.02	3.68 ^d \pm 0.00	10.85 ^d \pm 0.01	39.55 ^d \pm 0.08	41.12 ^d \pm 0.04
5	4.67 ^a \pm 0.07	3.53 ^{b,c} \pm 0.06	12.40 ^e \pm 0.06	37.91 ^e \pm 0.07	41.50 ^d \pm 0.06
6	4.97 ^a \pm 0.03	3.46 ^{b,c,e} \pm 0.01	10.06 ^b \pm 0.01	41.09 ^f \pm 0.01	40.43 ^e \pm 0.01
9	5.69 ^c \pm 0.20	3.40 ^{c,e} \pm 0.01	10.15 ^f \pm 0.02	40.94 ^g \pm 0.06	39.82 ^f \pm 0.18
12	5.22 ^{a,b} \pm 0.08	3.80 ^f \pm 0.03	9.66 ^g \pm 0.00	34.41 ^h \pm 0.07	46.91 ^g \pm 0.02
17	5.31 ^{a,b} \pm 0.03	3.59 ^b \pm 0.01	11.00 ^h \pm 0.01	37.82 ^g \pm 0.03	42.32 ^c \pm 0.04
18	4.74 ^a \pm 0.22	3.05 ^g \pm 0.02	10.04 ^b \pm 0.03	34.42 ^h \pm 0.00	47.91 ^h \pm 0.39

Letras diferentes en una misma columna representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0.05$.

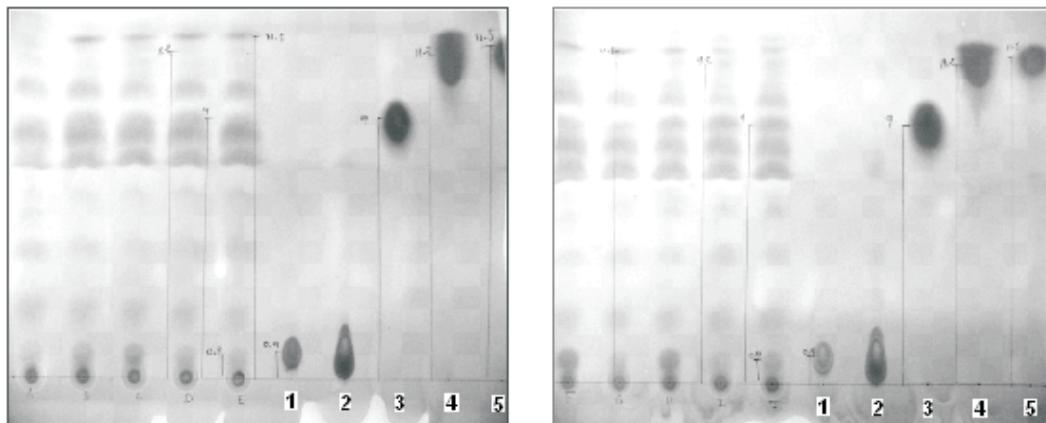


Figura 1. Identificación de aminoácidos por cromatografía en capa fina para el extracto "A" (muestra desengrasada) y estándares (1= arginina, 2=lisina, 3=valina, 4=treonina y 5=metionina) de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

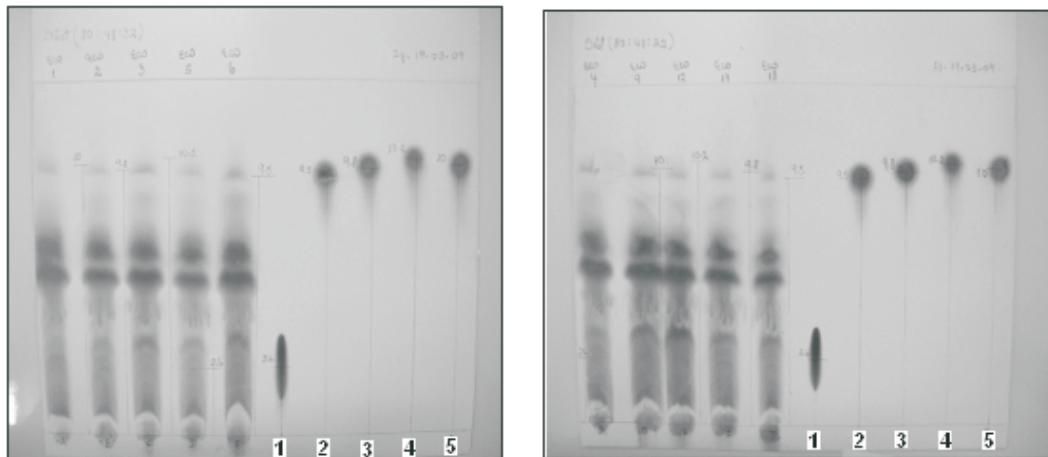


Figura 2. Identificación de aminoácidos por cromatografía en capa fina para el extracto "B" (muestra desengrasada) y estándares (1 = histidina, 2 = isoleucina, 3 = leucina, 4 = triptofano y 5 = fenilalanina) de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Obtención de líneas mejoradas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), a partir de material genético con altos rendimientos y contenidos de omega 3 y omega 6”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bondioli, P.; Della-Bella, L.; Rettke, P. 2006. Alpha linolénic acid rich oils. Composition of *Plukenetia volubilis* (Sacha Inchi) oil from Perú. *La Revista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 83(3):120-123.

Cachique, D. 2006. Sistema de Producción y Mejoramiento Genético de Sacha Inchi en San Martín. *Memoria Institucional. Programa de Investigación en Ecosistemas Terrestres (PET). Iquitos-Perú*, p. 51-52

Consejo Oleícola Internacional. 2003. Norma Comercial Aplicable a los Aceites de Oliva y los Aceites de Orujo de Oliva COI/T.15/NC nº 3/Rev. 1. Madrid-España, 17pp.

Follegati-Romero, L.; Piantino, C.; Romero-Grimaldi, R.; Cabral, F. 2009. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *J. of Supercritical fluids*, 49: 323-329.

García, H. 1992. Resumen de investigaciones apoyadas por FONDEAGRO. Tomo I. Proyecto de Transformación de la Tecnología Agropecuaria (TTA). Lima, p. 61-63.

Hamaker, B. 1992. Perfiles de aminoácidos y ácidos grasos del “Maní del Inca” (*Plukenetia volubilis* L.), Universidad de Arkansas, Estados Unidos. Guidelines for the establishment and operation of vegetal oil factories. Cornell: Estados Unidos, 116pp.

Hartman & Lago. 1973. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids, *Lab. Pract.* 22:475-477.

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP. 2009. Estudio de Variabilidad Económica del cultivo de *Plukenetia volubilis* Linneo, Sacha Inchi, en el Departamento de San Martín. Avances Económicos N° 3. Primera edición, Iquitos-Perú. 66pp.

Lutz, A. 1985. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2 ed. São Paulo. 583pp.

Mejía, M. 1997. Mejoramiento de técnicas de conservación y procesamiento de los productos y subproductos. Biblioteca Agrícola Nacional. Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM. TESIS. Lima, Q02/I143. 97 pp.

Official Methods of Analysis of AOAC
INTERNATIONAL. 2005. 18th ed., AOAC

- INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method. Chapter 41, p. 11, 13, 20.
- Osborne, D.R.; Voigt, P. 1978. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza-España. p. 160-170.
- Pascual, G.; Mejía, M. 1998. Extracción y caracterización de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Anales Científicos UNALM. 42: 146-160.
- Ramos-Aliaga, R. 2005. Fraccionamiento químico de la hoja de coca y obtención de un producto rico en proteínas. Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición (CIBN), Facultad de Medicina Humana (UNMSM); *Rev. Sociedad Química del Perú*, 71:3-11.
- Ronayne, P. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Arch Argent Pediatr*. 98(4):231-238.
- Sall, J.; Lehman, A.; Creighton, L. 2001. JMP Start Statistics – A guide to statistics and data analysis using JMP and JMP in software. USA, 491pp.
- Vela, L. 1995. Ensayos para la extracción y caracterización de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en el departamento de San Martín. Tesis profesional. Universidad Nacional de San Martín (UNSM), Perú. 75pp.

TABLA DE VOLUMEN COMERCIAL DE BOLAINA BLANCA (*Guazuma crinita* Mart.) DE LAS PLANTACIONES EXPERIMENTALES DE ALEXANDER VON HUMBOLDT, UCAYALI, PERÚ

Wilson GUERRA¹ Manuel SOUDRE², Marco CHOTA³

- 1 Tesista. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Carretera Federico Basadre Km 6, Pucallpa, Perú. wilson_ga424@hotmail.com
- 2 Investigador en silvicultura. Programa de Ecosistemas Terrestres. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), sede Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 12.400, Pucallpa, Perú. msoudre@hotmail.com
- 3 Docente principal en dasometría. Universidad Nacional de Ucayali (UNU). Carretera Federico Basadre Km 6, Pucallpa, Perú. mchota@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue determinar el modelo matemático que permita estimar el volumen comercial del árbol en pie de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) procedente de plantaciones. El estudio se desarrolló en las plantaciones experimentales con diferentes anchos de faja (5 m, 10 m y 30 m) del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Padre Abad, Ucayali. Se hicieron mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP) en cada árbol en pie y en el árbol talado se midió el largo del fuste cada 2 m, grosor de corteza y altura comercial. La intensidad de muestreo fue de 20%, evaluando 180 árboles que evidenciaron una distribución normal, con esta información se probaron los 16 modelos matemáticos más empleados en la volumetría de especies tropicales. El volumen comercial con corteza (VCcc) y sin corteza (VCsc) fueron correlacionados tanto con el DAP, como con la altura comercial (H), mostrando en ambos casos un alto grado de correlación ($P<0.05$); el incremento volumétrico regresionó significativamente con la categoría diamétrica ($R^2=0.99$; $P<0.05$). El modelo logarítmico de Schumacher fue el que presentó los mejores indicadores ($> R^2, < I.F, < C.V\%$), tanto para VCcc $LN(V) = -0.49 + 1.80*LN(DAP) + 0.839*LN(H)$, como para VCsc $LN(V) = -0.538 + 1.81*LN(DAP) + 0.836*LN(H)$. La forma del árbol fue similar en los tres anchos de faja de las plantaciones, por ello se elaboró una sola tabla de volumen comercial. El modelo matemático de variable combinada logarítmica: $LN(V) = a + b*LN(DAP^2*H)$, también podría ser probada en futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVE: Tablas de volumen, ecuación volumétrica, volumen comercial, plantaciones forestales, bolaina blanca, *Guazuma crinita*.

TABLE OF COMMERCIAL VOLUME OF WHITE BOLAINA (*Guazuma crinita* Mart.) EXPERIMENTAL PLANTINGS OF ALEXANDER VON HUMBOLDT, UCAYALI, PERU

ABSTRACT

The objective was to determine the mathematical model to estimate the volume of standing trees of white bolaina (*Guazuma crinita* Mart.) from plantations. The study was developed in the experimental plantations with different widths of strip (5 m, 10 m and 30 m) located at the Forest Alexander von Humboldt, Padre Abad, Ucayali. Mensurations of the bread height diameter (BHD) were made in each tree in foot and in the tree felling, the long of the shaft was measured each 2 m, bark thickness and commercial height. The sampling intensity was 20%, evaluating 180 trees that evidenced a normal distribution. With this information, the 16 mathematical models to be the more use in the dasometry of tropical species were proved. The commercial volume with bark (VCcc) and without bark (VCsc) were correlated with the BHD and the commercial height, showing a high correlation ($P<0.05$); the increment volumetric regretioned significantly with the category diametrical ($R^2=0.99$; $P<0.05$). The logarithmic model of Schumacher showed the best indicators ($> R^2, < I.F, < C.V\%$), for VCcc $LN(V) = -0.490 + 1.80*LN(D) + 0.839*LN(H)$, and VCsc $LN(V) = -0.538 + 1.81*LN(D) + 0.836*LN(H)$. The shape of the tree was similar in the three strip widths of the plantations, for it alone it is necessary a single table of commercial volume. The mathematical model of logarithmic combined variable: $LN(V) = a + b*LN(DAP^2*H)$, could also be proven in future investigations.

KEYWORDS: Volume tables, equation volumetric, commercial volume, forest plantations, white bolaina, *Guazuma crinita*.

INTRODUCCIÓN

Bolaina blanca (*G. crinita*) es una especie forestal nativa de crecimiento relativamente rápido, que es cosechada desde los ocho años. El uso diversificado de su madera, sumados a los bajos costos de extracción, transporte y procesamiento industrial (comparado con otras especies nativas tradicionales), le ha permitido la gran aceptación en el mercado regional y nacional, originando un incremento hasta de 500% en los últimos cinco años (IIAP, 2006). La demanda de esta madera es cubierta principalmente de la cuenca del río Aguaytía, debido al fácil acceso a la ciudad de Pucallpa lo que facilita el menor costo de operaciones. Adicionalmente la superficie reforestada con ésta especie fue de 2,000 ha en los últimos siete años, en una gran diversidad de sitios de esta cuenca (IIAP, 2007). No obstante todo esto, aún no se conocen las herramientas que permitan cuantificar de manera confiable el volumen maderable de *G. crinita* antes de ser cosechada. Indudablemente, por su importancia actual en el mercado e incremento en la reforestación

se necesita de una herramienta que permita cuantificar en forma rápida, eficiente y confiable el volumen rollizo de los árboles en pie de *G. crinita*, para lo cual se propone la elaboración de una tabla de volumen comercial con corteza y sin corteza de *G. crinita* para plantaciones. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar la ecuación volumétrica que permite estimar el volumen del árbol en pie de *G. crinita* procedente de plantaciones.

MATERIAL Y MÉTODO

ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en terrenos del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), ubicado en el Bosque Nacional Alexander von Humboldt, a 86 km al oeste de la ciudad de Pucallpa, distrito de Irazola, provincia Padre Abad, región Ucayali, entre los $8^{\circ}22'00''$ a $9^{\circ}36'30''$ latitud sur, $74^{\circ}48'00''$ a $75^{\circ}35'00''$ longitud oeste y altitud comprendida entre 200 a 340 m.s.n.m (Figura 1).



Figura 1. Localización de los sistemas de plantación de *Guazuma crinita* evaluados en la estación experimental A. Von Humboldt, Ucayali.

POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

A partir de una población total de 933 árboles de *G. crinita* establecidos en plantaciones de tres anchos de faja (5 m, 10 m y 30 m) de 18 años de edad, se seleccionó aleatoriamente una muestra de 180 árboles, con la siguiente distribución: 60 árboles de fajas de 5 m, 90 árboles de fajas de 10 m y 30 árboles de fajas de 30 m. El tamaño de la muestra se determinó con la siguiente fórmula: $n=(t^2 CV^2)/E^2$, considerando que el valor de "t" fue hallado según tabla T, al $P=0.05$ y con grados de libertad= n ; el coeficiente de variación (C.V %) y error estándar en porcentaje (E %).

MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS

En cada árbol se realizaron mediciones directas del diámetro a la altura del pecho (DAP), altura comercial (H); así como mediciones de los diámetros y espesores de cortezas en secciones de cada 2 m a lo largo de todo el fuste. Las mediciones diamétricas del fuste fueron previas al tumbado de los árboles, con cinta métrica a intervalos constantes de 2 m. En cada sector correspondiente a la medida de los diámetros, fueron liberadas porciones de corteza 1 cm² para facilitar la medición del diámetro sin corteza con un calibrador tipo "Vernier". La altura comercial del árbol caído fue medida hasta el punto base de la copa, incluso, la última sección podía ser menor a 2 m. El volumen sin corteza fue estimado de la diferencia entre los diámetros con y sin corteza.

El formato empleado siguió los parámetros descritos en el formulario del software MIRASILV (diseñado para ejecutar y manejar información sobre recursos arbóreos en producción y silvicultura). Los instrumentos de medición empleados fueron: formularios, cintas métricas (3 m y 30 m), Vernier, motosierra, machetes y equipo portapapeles.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información fue procesada determinando las siguientes variables:

- Volumen comercial hasta el punto base de copa.
- Volumen de corteza en porcentaje.
- Factor de forma.
- Volumen real, con: $VRT = VRs1 + VRs2 + VRs3.....VRs13$;

Donde:

$$VRs1 = \frac{\pi}{4} (D\bar{D})^2 \times 2 \text{ m} \quad (\text{Smalian}) \rightarrow \begin{array}{l} \text{A partir de 30 cm} \\ \text{(altura del tocón)} \end{array}$$

VRs1 = Volumen rollizo de cada sección de 2 m.

DD} = Diámetro promedio

Las regresiones lineales se realizaron con el software del programa estadístico MINITAB (software diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas).

Los modelos probados se muestran en la Tabla 1. Para la selección del mejor modelo debió cumplirse con las siguientes condiciones: a) el más alto coeficiente de determinación (R^2 -Ajust.); b) el más alto valor de F (prueba de Fisher); c) el valor más bajo de coeficientes de variabilidad (C.V %); y d) el valor más bajo de Indice de Furnival (I.F). Posteriormente, se probó la existencia de diferencias significativas entre anchos de faja (5 m, 10 m y 30 m), a fin de determinar si es posible realizar una sola tabla para los tres anchos de faja de árboles procedentes de plantaciones, para ello se realizó el análisis univariado (ANVA) probando la siguiente hipótesis: $S_1^2 = S_2^2 = S^2$; donde: H. Observado = $S_{\text{Max}}^2 / S_{\text{Min}}^2$; de acuerdo a la condición: 1) $H_{\text{obs}} < H_{1-\alpha} A_{\text{Ho}}$, y 2) $H_{\text{obs}} > H_{1-\alpha} R_{\text{Ho}}$.

Adicionalmente, se realizó la prueba de bondad de ajuste, al presentarse el caso de igualdad estadística entre dos modelos matemáticos (Schumacher y variable combinada logarítmica), bajo esta condición, se consideró como el modelo más representativo aquel que tuvo el menor valor en la suma de residuales al cuadrado (SRC); y también el que tuvo el valor de Durbin Watson (D) más cercano a 2.

Finalmente, la validación de los modelos se realizó para el caso de la existencia de dos o más modelos con buen y similar estadígrafo: a) Prueba de sesgo (desviación agregada): no debe exceder el 1%; b) Error o desviación estándar de la estimación: menor desviación de los volúmenes estimados de los reales, es decir el dato menor; y c) Desviación media (DM %): indicaría la variabilidad esperada en los datos utilizados, en ocasiones puede alcanzar el 10%.

Tabla 1. Modelos estadísticos probados para tabla de volumen de *Guazuma crinita* de plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali.

NÚMERO	ECUACIÓN DE LOS MODELOS	MODELOS (NOMBRE)
1	$V = a + b (D)$	Berkhout
2	$V = a + b (D) + c (D^2)$	Hoenald-Krenn
3	$V = a + b (D^2)$	Kopezky-Gehrhardt
4	$V = a + b (D^2 * H)$	Variable combinada
5	$V = a + b (D^2) + c (H) + d (D^2 * H)$	Stoate
6	$V = a + b (D^2) + c (D^2 * H) + d (D^2 * H)$	Meyer
7	$\ln(V) = a + b \ln(D)$	Husch
8	$\ln(V) = a + b \ln(D) + c \ln(H)$	Schumacher-Hall
9	$V/D^2 = a + b (1/D^2) + c (1/D)$	Otárola, 2002
10	$V/D^2 = a + b (1/D^2)$	Otárola, 2002
11	$V/D^2 * H = a + b (1/D^2 * H)$	Otárola, 2002
12	$V/D^2 = a + b (1/D^2) + c (H/D^2) + d (H)$	Otárola, 2002
13	$V/D^2 * H = a + b (1/D^2 * H) + c (1/H) + d (1/D^2)$	Otárola, 2002
14	$V/D^2 = a + b (1/D^2) + c (H/D) + d (H)$	Otárola, 2002
15	$V/D^2 * H = a + b (1/D^2 * H) + c (1/H) + d (1/D)$	Otárola, 2002
16	$\ln(V) = a + b \ln(D^2 * H)$	Variable Combinada Log.

V = volumen (m³); D = diámetro normal a 1.30 metros (m); H = altura comercial (m); a, b, c, = coeficientes de correlación, $\ln (V)$ = logaritmo natural del volumen.

RESULTADOS

La curva describe un comportamiento regular ó distribución normal, donde el mayor número de árboles (n = 33) están presentes en la clase diamétrica de entre 22.3 y 26.6 cm; por tanto, la muestra de árboles de *G. crinita* seleccionados representaría apropiadamente la distribución natural de la población (Figura 2).

En la Tabla 2, se observa la conformación del tamaño de la muestra, así como los promedios del DAP, altura comercial, volumen comercial con y sin corteza, los valores del factor de forma y el porcentaje de corteza distribuidos por cada ancho de faja. Al comparar el porcentaje de corteza con la altura comercial ($Y=-0.0014x^2-0.0321x+6.5042$) y también con el DAP ($Y=0.0016x^2-0.1074x+8.1791$), se evidencia relación no significativa ($R^2=0.0028\%$ y $R^2=0.0317\%$; $P>0.05$). Prodán *et al.* (1997), aseguran que el espesor de corteza varía notablemente entre especies y muestra una relación cambiante con la altura del fuste, además mencionan que la medición de la corteza en árboles y secciones es larga y difícil (en algunas especies es casi imposible) recomendando

que es preferible la estimación directa para determinar el diámetro sin corteza.

La Figura 3 muestra la relación altamente significativa ($R^2=0.99$; $P<0.05$) entre el volumen comercial con corteza (VCcc) y el intervalo diamétrico (I.D), mostrando una tendencia polinómica, expresado por la función: $VCcc = 0.008 (D^2) + 0.124 (D) - 0.059$, la cual demuestra que el volumen comercial con corteza para *G. crinita* depende en 99 % del diámetro y el 1 %, se debe a otros factores.

La Figura 4 muestra la relación altamente significativa ($R^2=0.99$; $P<0.05$) entre el volumen de corteza (Vc) y el intervalo diamétrico (I.D), mostrando una tendencia polinómica, expresada por la función: $Vc = 0.0004 (D^2) + 0.009 (D) - 0.0047$, la cual demuestra, al igual que el caso anterior, que el volumen de corteza para *G. crinita* también depende en 99 % del diámetro y el 1 %, se debe a otros factores.

Por tanto, se demuestra que independientemente tanto el volumen comercial y la corteza están relacionados de forma significativa con el diámetro ($P<0.05$).

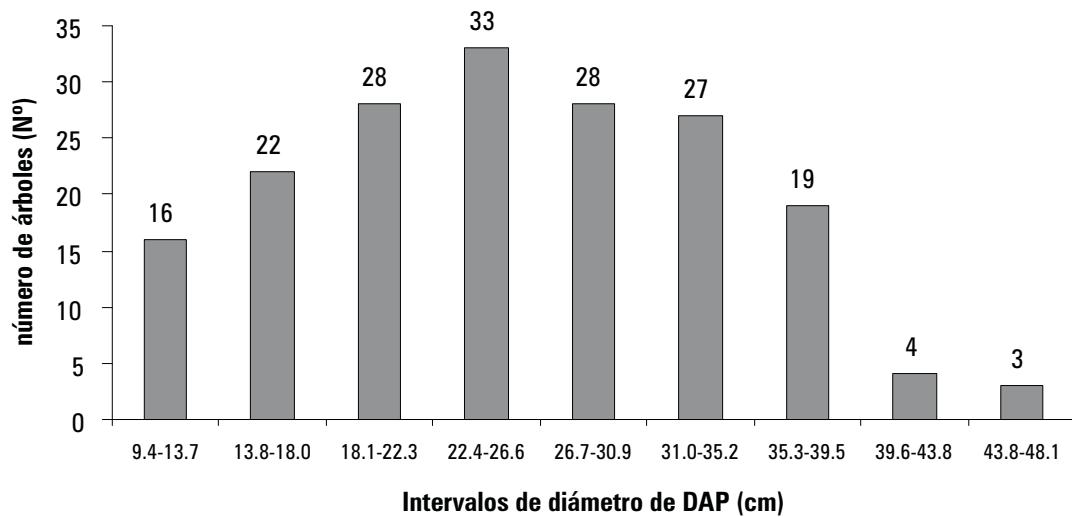


Figura 2. Distribución del número de árboles por clase diamétrica (DAP) *Guazuma crinita* de las plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali

Tabla 2. Valores dasométricos promedio de árboles de *Guazuma crinita* procedentes de plantaciones ($n=180$) de tres anchos de faja de A. von Humboldt, Ucayali.

Ancho faja (m)	Tamaño muestra (Nº)	DAP (cm)	H (m)	Vccc (m ³)	VCsc (m ³)	Factor forma (f.f)	Porcent. corteza (%)
5 m	60	28.26	16.57	0.7817	0.7338	0.6687	6.31
10 m	90	22.38	16.05	0.5115	0.4814	0.7388	6.32
30 m	30	31.26	18.03	0.8565	0.7895	0.6127	7.97
Promedio	180	27.30	16.88	0.6590	0.6168	0.6944	6.59

DAP = Diámetro a la altura del pecho; H = Altura comercial; VCcc = Volumen comercial con corteza; VCsc = Volumen comercial sin corteza; n = tamaño de la muestra.

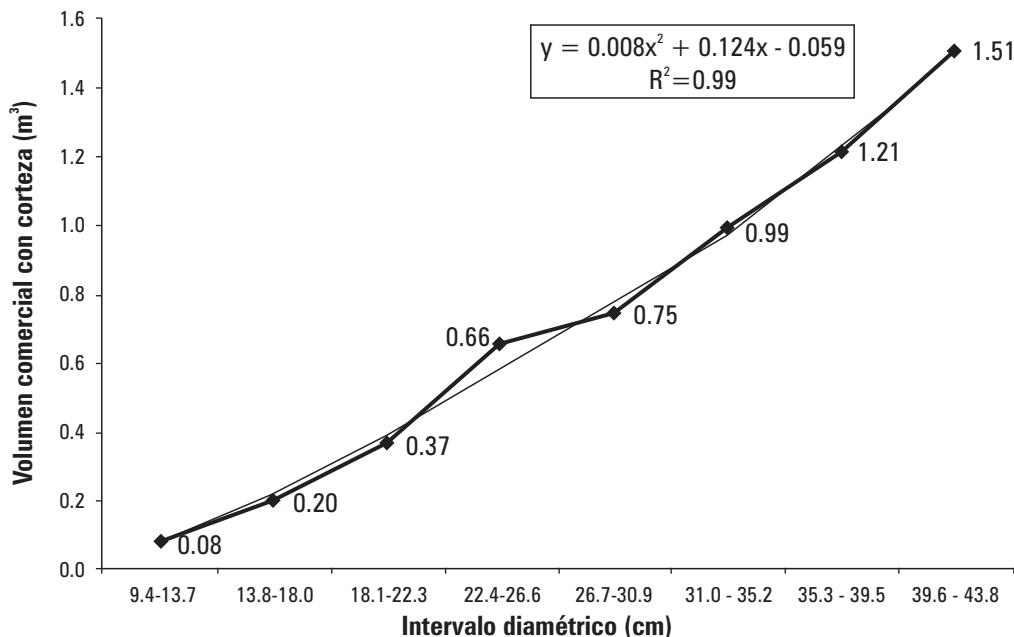


Figura 3. Relación entre el volumen comercial con corteza (Vccc) y el intervalo diamétrico (I.D) en árboles de *Guazuma crinita* de las plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali.

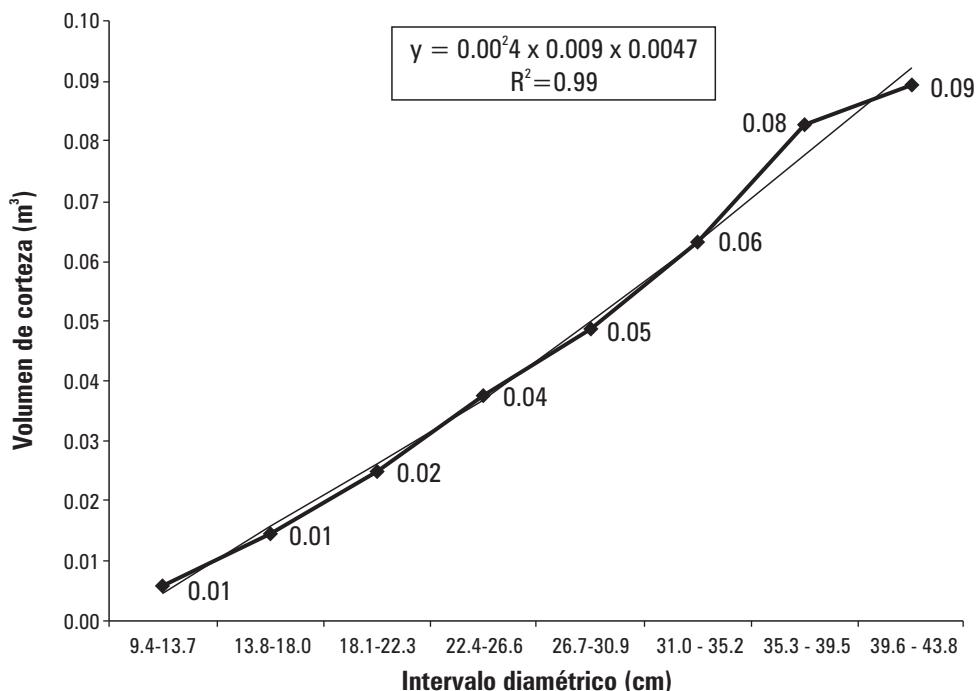


Figura 4. Relación entre el volumen de corteza (Vc) y el intervalo diamétrico (I.D) en árboles de *Guazuma crinita* de las plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali.

En la Tabla 3, se observa los resultados del análisis de igualdad de varias variancias de las variables dasométricas por ancho de faja; procediendo a la aplicación de la prueba de Bartlet con X^2 obs, para la variable de DAP y volumen comercial.

1. Para el DAP: X^2 obs $< X^2$ 1- α AHO. Se probó la existencia de igualdad de variancias entre los DAPs de los anchos de faja 5 m, 10 m y 30 m.
2. Para volumen comercial con corteza (VCcc): X^2 obs $< X^2$ 1- α AHO. También se probó la existencia de igualdad de variancias entre los volúmenes comerciales de los anchos de faja 5 m, 10 m y 30 m.
3. Para la altura comercial (H) y factor de forma (f.f): No fue necesario el uso de la prueba de Bartlet, debido a que se rechazo la hipótesis (RHO), por lo tanto, no existe igualdad variancias entre las alturas comerciales, ni factores de forma de los árboles de *G. crinita* de los tres sistemas de plantación (fajas). Por tanto, existe igualdad de variancias para las variables DAP y VCcc entre las muestras de plantaciones con anchos de faja de 5 m, 10 m y 30 m y en consecuencia, es posible usar los valores dasométricos de ésta especie para generar una función general de volumen para los mismos tres anchos de faja.

El ahusamiento del diámetro en función a la altura del fuste presenta, en los tres anchos de faja, tendencias polinomiales y muestra elevados coeficientes de determinación ($R^2 = 91.0, 91.7, 92.3$ y 94.3), lo que indica que la forma del fuste se mantiene en los tres anchos de faja (Tabla 4).

Los comparativos de los volúmenes comerciales con y sin corteza con el DAP y altura comercial, muestran relaciones altamente significativas ($P < 0.05$), excepto en el comparativo de altura comercial versus DAP (Tabla 5).

El Factor de Forma (f.f) muestra la reducción volumétrica ó conicidad de la forma del fuste (Prodán *et al.*, 1997). Este factor también muestra que la forma del fuste de esta especie se mantiene entre los anchos de faja, este hecho se ve corroborado en el análisis de variancia de las variables estudiadas (Tabla 3); así como en el análisis del Coeficiente de Forma (C.F) (Tabla 4). El incremento volumétrico es el mismo entre los anchos de faja, por ello se usó una misma función de estimación volumétrica comercial con corteza (Anexo 1) y sin corteza (Anexo 2) para cualesquiera de los tres sistemas de plantación (5, 10 y 30 m).

El modelo de Schumacher fue la ecuación que mostró los mejores resultados a las pruebas, según los criterios conjuntos de selección (estadígrafos de selección, prueba de bondad de ajuste y validación de modelos), como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 3. Resultados de la prueba de igualdad de variancias encontrados *Guazuma crinita* para cuatro variables entre anchos de faja 5 m, 10 m y 30 m de las plantaciones de A. Von Humboldt, Ucayali.

VARIABLES	ANCHO FAJA	ANÁLISIS VARIANCIAS	HIPÓTESIS	H.OBS	CONDICIÓN
DAP	5m	$S^2_1 = 92.82$	$S^2_1 = S^2_2 = S^2_3$	H.Obs = $\frac{92.82}{43.02}$	$2.1575 < 2.40 => \text{AHO}$
	10m	$S^2_2 = 43.02$			$2.1575 > 1.02 => \text{RHO}$
	30m	$S^2_3 = 46.99$			AHO (conclusión)
Altura comercial	5m	$S^2_1 = 29.42$	$S^2_1 = S^2_2 = S^2_3$	H.Obs = $\frac{29.42}{8.28}$	$3.549 > 2.40 => \text{RHO}$
	10m	$S^2_2 = 21.92$			$3.549 > 1.02 => \text{RHO}$
	30m	$S^2_3 = 8.28$			RHO (conclusión)
Volumen comercial	5m	$S^2_1 = 0.236$	$S^2_1 = S^2_2 = S^2_3$	H.Obs = $\frac{0.236}{0.120}$	$1.962 < 2.40 => \text{AHO}$
	10m	$S^2_2 = 0.151$			$1.962 > 1.02 => \text{RHO}$
	30m	$S^2_3 = 0.120$			AHO (conclusión)
Factor de formal	5m	$S^2_1 = 0.012$	$S^2_1 = S^2_2 = S^2_3$	H.Obs = $\frac{0.135}{0.011}$	$11.51 > 2.40 => \text{RHO}$
	10m	$S^2_2 = 0.135$			$11.51 > 1.02 => \text{RHO}$
	30m	$S^2_3 = 0.011$			RHO (conclusión)

Comparación de varias variancias con (n diferentes). AHO: se acepta la igualdad de variancias; RHO: se rechaza igualdad de varianza.

Tabla 4. Resultados del Coeficiente de Forma (CF) de *Guazuma crinita* calculado a través de una serie de ahusamiento, según los tres anchos de faja de las plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali.

LONGITUD ÁRBOL (m)	SERIE AHUSAMIENTO DEL DIÁMETRO POR ANCHO DE FAJA			
	5 m	10 m	30 m	GENERAL
0.3	1.800	2.017	2.944	1.889
1.3	1.761	1.345	2.022	1.596
2.3	1.184	1.052	1.840	1.227
4.3	0.968	0.843	1.410	0.979
6.3	0.943	0.771	1.193	0.899
8.3	0.947	0.698	0.979	0.828
10.3	0.998	0.700	1.132	0.872
12.3	0.872	0.647	1.001	0.781
14.3	0.716	0.543	0.911	0.662
16.3	0.568	0.431	0.789	0.537
18.3	0.520	0.295	0.498	0.404
20.3	0.141	0.161	0.178	0.157
22.3	0.034	0.040	0.000	0.031
24.3	-0.003	0.011	0.000	0.005
Ecuación Matemática	$Y = 0.001(x^2) - 0.1416(x) + 1.8075$	$Y = 0.0074(x^2) - 0.2304(x) + 1.876$	$Y = 0.0085(x^2) - 0.3131(x) + 2.7935$	$Y = 0.0036(x^2) - 0.1803(x) + 1.8707$
Coeficiente R ²	R ² = 91.69	R ² = 91.04	R ² = 92.28	R ² = 94.38

(0.3, 1.3, 2.3,.....n= longitud del árbol en metros).

Tabla 5. Prueba de correlación de las variables dasométricas (P<0.05) para *Guazuma crinita* de las plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali.

VARIABLES EN CORRELACIÓN	EXPRESIÓN MATEMÁTICA	R ²	R	R.TAB.	SIGNIF.
H - dap	$H = 37.643 \times dap^{0.6193}$	39.28	0.626	0.1476	
VCC - dap	$VCC = 12.85 \times dap^{2.3185}$	91.18	0.954	0.1476	***
VCC - H	$VCC = 0.0021 \times H^{1.98}$	64.92	0.805	0.1476	**
VSC - dap	$VSC = 12.102 \times dap^{2.3246}$	91.20	0.954	0.1476	***
VSC - H	$VSC = 0.0019 \times H^{1.9819}$	64.71	0.804	0.1476	**

H: altura comercial (m); DAP: diámetro altura del pecho (m); VCC: volumen comercial con corteza (m³); VSC: volumen comercial sin corteza (m³); R²: Coeficiente de determinación; R: coeficiente de correlación.

Tabla 6. Criterios de selección para determinar el mejor modelo para la tabla de volumen comercial con y sin corteza de *Guazuma crinita* de las plantaciones de A. von Humboldt, Ucayali.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	PARÁMETROS	VCC		VSC	
		Schumacher	Var. Comb. Log	Schumacher	Var. Comb. Log
<i>Estadígrafos de selección</i>	R2	98.3	98.2	98.2	98.1
	IF	0.00648	0.00653	0.00634	0.00640
	CV %	17.87	17.92	19.57	19.65
<i>Prueba bondad y ajuste</i>	SCR	2.360	2.390	2.474	2.511
	D	1.855	1.851	1.842	1.844
<i>Validación de modelos</i>	EMS	0.082	0.080	0.088	0.087
	Desv. agr %	0.288	0.248	6.370	6.340
	Desv. me %	51.74	44.52	1224	1218

Los valores sombreados fueron los mejores, de acuerdo a cada parámetro del volumen comercial con y sin corteza.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los volúmenes comerciales de árboles de *G. crinita* con corteza (VC_{cc}) procedentes de plantaciones, pueden ser estimados de forma confiable ($P<0.05$) con el modelo logarítmico de Schumacher: $\ln(V)=-0.490+1.80*\ln(D)+0.839*\ln(H)$, ($R^2 = 98.3\%$, $I.F = 0.006485$). Del mismo modo, los volúmenes comerciales de árboles de bolaina blanca sin corteza (VC_{sc}) procedentes de plantaciones, pueden ser estimados ($P<0.05$) con el modelo logarítmico de Schumacher: $\ln(V)=-0.538+1.81*\ln(D)+0.836*\ln(H)$, ($R^2 = 98.2\%$, $I.F = 0.006348$). Al respecto, un estudio realizado en árboles de *G. crinita* regenerados naturalmente en los bosques secundarios en San Alejandro, Ucayali, también concluyó que la ecuación de mejor ajuste fue la de Schumacher (Estrada, 1996). Estudios realizados en otras especies demostraron que la forma de los árboles tiene mayormente tendencia logarítmica, tanto en bosque natural y en plantaciones, siendo la ecuación de mayor ajuste la de Schumacher (Ugalde, 1981; Ugalde & Otárola, 1981; Sánchez, 1985; Vásquez & Ugalde, 1995; Otárola & Linares 2002).

La forma del fuste de los árboles de *G. crinita* de los tres sistemas de plantación (5, 10 y 30 m) son similares estadísticamente ($P<0.05$); por tanto, es confiable usar la misma función volumétrica para los árboles en pie de *G. crinita* en cualquiera de los tres sistemas. Este hallazgo fue ratificado por (Lojan, 1966; citado por Pinedo, 2004), en consecuencia, una misma tabla de volumen podría aplicarse a sectores donde las variables dasométricas tengan igual relación de forma.

El factor de forma promedio para los árboles de *G. crinita* de 18 años, establecidos en tres sistemas de plantación fue de 0.69. No obstante, este valor ocuparía una posición intermedia frente a otros dos casos extremos de factor de forma, obtenidos para la misma especie y en zonas cercanas del ámbito de estudio; por un lado, el valor más bajo fue de 0.59 y se calculó a partir de 122 árboles de *G. crinita* procedentes de cuatro bosques secundarios de San Alejandro (Estrada 1996); de otro lado, el factor forma más alto fue de 0.78 y se obtuvo evaluando 30 árboles de *G. crinita* de plantación de 8 años, a distanciamiento de 5 x 5 m (Samaniego, 2009). Es probable que la alta densidad de regeneración natural y la menor edad de desarrollo (Los agricultores cosechan árboles de edad cada vez menor a 8 años, debido a la presión del mercado) hayan mermado sobre el factor de forma obtenido en bosque secundario (0.59), en consecuencia los máximos valores alcanzados habrían sido promovidos por una mejor condición de manejo (mayor distanciamiento y edad) de las plantaciones.

La variable combinada logarítmica: $\ln(V)=a+b*\ln(D^2*H)$ fue la ecuación que obtuvo una segunda posición con los mejores resultados a las pruebas, después del modelo de Schumacher; por tanto, se recomienda considerarla en el desarrollo de futuras investigaciones sobre tablas de volumen de comercial de árboles en pie procedente de plantaciones para otras especies nativas que incrementen en el futuro su stock de reforestación en la Amazonía peruana.

La representatividad del tamaño de la muestra evaluada (n=180), es fiable considerando que fue calculada matemáticamente en función de los rasgos de variabilidad de la población de los árboles de *G. crinita*. Considerando el punto de vista económico, para la evaluación de otras especies forestales, los tamaños de muestras fueron muy similares (Estrada, 1996; Prodán *et al.*, 1997). En el caso de rodales coetáneos y homogéneos se usaron muestras de 50 a 100 árboles (Caillez, 1980, citado por Segura & Venegas, 1999). En un estudio sobre el desarrollo y uso de tablas de volumen para muchas especies, encontraron que la mayor parte del tamaño de las muestras estaba realizadas con valores entre los 20 y 314 árboles muestra, aunque no se observó la aplicación de métodos para determinar, a-priori, el tamaño de la muestra a seleccionarse (Fucaraccio & Staffieri, 1999). Esto fue corroborado, incluso, por los 151 árboles muestrados para la determinación de la fórmula de estimación de volúmenes en un bosque tropical húmedo en San Isidro de Peñas blancas, Alajuela, Costa Rica (Loján, 1966, citado por Segura & Venegas, 1999).

La longitud de 2 m por sección es confiable para *G. crinita*, solo cuando el árbol no presenta ningún defecto de forma en el fuste. Lo propio fue realizado con la especie denominada tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) (Otárola & Linares, 2002). La realización de mediciones de diámetro a secciones homogéneas de 2 m viene siendo una práctica usual en el trópico (Segura & Venegas, 1999; Ugalde & Otárola, 1981). Aunque en el pasado, se consideró mediciones de diámetro a cada 2.5 m, equivalente a los “tucos” comerciales de *G. crinita* (Estrada, 1996). No obstante, enfatizaron que es necesario cubicar con secciones de 1 a 2 m cuando se trata de fines científicos (Prodán *et al.*, 1997).

AGRADECIMIENTOS

De forma muy especial a Santiago Ushiñahua, Tilio Amasifuén, Ángel Salazar e Ymber Flores, del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), por las facilidades logísticas en la fase de campo del presente estudio; a Julio Ugarte, del Centro Agroforestal Mundial (ICRAF), por sus valiosas sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Estrada, R. 1996. Estudio comparativo de dos modelos estadísticos para tablas de volumen comercial de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart) en la zona de San Alejandro. Tesis de Ing. Forestal Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. 107pp.

Fucaraccio, F.; Staffieri, G. 1999. Desarrollo y uso de ecuaciones de volumen y tablas de volumen en la república Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata. 27pp.

IIAP. 2006. Informe anual. Sub-Proyecto Transferencias tecnológicas de plantaciones y manejo de bosques aluviales en Ucayali. Programa de Ecosistemas Terrestres. IIAP, Ucayali. 70pp.

IIAP. 2007. Informe anual. Sub-Proyecto Silvicultura de bolaina en Plantaciones y Sucesiones Secundarias en Ucayali. Programa de Ecosistemas Terrestres. IIAP, Ucayali. 76pp.

Otárola, E.; Linares, Carlos. 2002. Tablas de volumen total y comercial de *Cedrelinga cateniformis* Ducke tornillo para plantaciones en Loreto Perú. Folia Amazónica, 13(1-2): 151-174pp.

Prodán, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura Forestal. Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica. 586pp.

Pinedo, A. 2004. Estimación de volumen total de Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth) en plantaciones al tercer año de establecimiento en la cuenca del Río Aguaytía. Tesis de Ing. Forestal Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. 72pp.

Samaniego, D. 2009. *Estimación de la cantidad de carbono capturado por Guazuma crinita en una plantación de ocho años en Ucayali*. Tesis ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 95pp.

Sanchez, C. 1985. Elaboración de una tabla de volumen standard para Caoba (*Swietenia macrophylla* G. King) en Saposoa, San Martín. Tesis Ing. Forestal Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos. 107pp.

Segura, M.; Venegas, G. 1999. Tablas de volumen comercial con corteza para Encino, Roble y otras especies del Bosque Pluvial Montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. CATIE. Turrialba. 46pp.

Ugalde, L. 1981. Tablas de volumen para Pino (*Pinus Caribaea* Var.*Hondurensis*) en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 7pp.

Anexo 1. Tabla de volumen comercial con corteza (m³) para balaína blanca (*Guazuma cŕinita* Mart.): $\ln(V) = -0.49 + 1.80 * \ln(DAP) + 0.839 * \ln(H)$

d _{ap} (m)	ALTURA COMERCIAL (m)																							
	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
0.14	0.045	0.057	0.069	0.080	0.091	0.102	0.112	0.123	0.133	0.143	0.153	0.163	0.173	0.182	0.192	0.201	0.210	0.220	0.229	0.238	0.247	0.256	0.265	
0.15	0.051	0.064	0.078	0.091	0.103	0.115	0.127	0.139	0.151	0.162	0.173	0.184	0.195	0.206	0.217	0.228	0.238	0.249	0.259	0.269	0.280	0.290	0.300	
0.16	0.057	0.072	0.087	0.102	0.116	0.130	0.143	0.156	0.169	0.182	0.195	0.207	0.219	0.232	0.244	0.256	0.268	0.279	0.291	0.303	0.314	0.326	0.337	
0.17	0.063	0.081	0.097	0.113	0.129	0.144	0.159	0.174	0.189	0.203	0.217	0.231	0.245	0.258	0.272	0.285	0.298	0.312	0.325	0.338	0.350	0.363	0.376	
0.18	0.070	0.089	0.108	0.126	0.143	0.160	0.177	0.193	0.209	0.225	0.241	0.256	0.271	0.286	0.301	0.316	0.331	0.345	0.360	0.374	0.388	0.402	0.416	
0.19	0.077	0.099	0.119	0.139	0.158	0.176	0.195	0.213	0.231	0.248	0.265	0.282	0.299	0.316	0.332	0.348	0.365	0.381	0.397	0.412	0.428	0.444	0.459	
0.20	0.085	0.108	0.130	0.152	0.173	0.194	0.214	0.233	0.253	0.272	0.291	0.309	0.328	0.346	0.364	0.382	0.400	0.417	0.435	0.452	0.469	0.486	0.503	
0.21	0.093	0.118	0.142	0.166	0.189	0.211	0.233	0.255	0.276	0.297	0.318	0.338	0.358	0.378	0.398	0.417	0.437	0.456	0.475	0.494	0.512	0.531	0.550	
0.22	0.101	0.128	0.155	0.180	0.205	0.230	0.254	0.277	0.300	0.323	0.345	0.367	0.389	0.411	0.432	0.454	0.475	0.496	0.516	0.537	0.557	0.578	0.598	
0.23	0.109	0.139	0.168	0.196	0.223	0.249	0.275	0.300	0.325	0.350	0.374	0.398	0.422	0.445	0.468	0.491	0.514	0.537	0.559	0.582	0.604	0.626	0.647	
0.24	0.118	0.150	0.181	0.211	0.240	0.269	0.297	0.324	0.351	0.378	0.404	0.430	0.455	0.481	0.506	0.531	0.555	0.580	0.604	0.628	0.652	0.675	0.699	
0.25	0.127	0.162	0.195	0.227	0.259	0.289	0.319	0.349	0.378	0.406	0.435	0.462	0.490	0.517	0.544	0.571	0.598	0.624	0.650	0.676	0.701	0.727	0.752	
0.26	0.136	0.173	0.209	0.244	0.277	0.310	0.343	0.374	0.405	0.436	0.466	0.496	0.526	0.555	0.584	0.613	0.641	0.669	0.697	0.725	0.753	0.780	0.807	
0.27	0.146	0.186	0.224	0.261	0.297	0.332	0.367	0.401	0.434	0.467	0.499	0.531	0.563	0.594	0.625	0.656	0.686	0.716	0.746	0.776	0.806	0.835	0.864	
0.28	0.156	0.198	0.239	0.279	0.317	0.355	0.391	0.428	0.463	0.498	0.533	0.567	0.601	0.634	0.667	0.700	0.733	0.765	0.797	0.829	0.860	0.891	0.922	
0.29	0.166	0.211	0.255	0.297	0.338	0.378	0.417	0.456	0.493	0.531	0.568	0.604	0.640	0.676	0.711	0.746	0.781	0.815	0.849	0.883	0.916	0.950	0.983	
0.30	0.176	0.224	0.271	0.315	0.359	0.402	0.443	0.484	0.524	0.564	0.603	0.642	0.680	0.718	0.756	0.793	0.830	0.866	0.902	0.938	0.974	1.009	1.044	
0.31	0.187	0.238	0.287	0.335	0.381	0.426	0.470	0.514	0.556	0.599	0.640	0.681	0.722	0.762	0.802	0.841	0.880	0.919	0.957	0.995	1.033	1.071	1.108	
0.32	0.198	0.252	0.304	0.354	0.403	0.451	0.498	0.544	0.589	0.634	0.678	0.721	0.764	0.807	0.849	0.891	0.932	0.973	1.013	1.054	1.094	1.134	1.173	
0.33	0.209	0.266	0.321	0.374	0.426	0.477	0.526	0.575	0.623	0.670	0.716	0.762	0.808	0.853	0.897	0.941	0.985	1.028	1.071	1.114	1.156	1.198	1.240	
0.34	0.221	0.281	0.339	0.395	0.450	0.503	0.555	0.607	0.657	0.707	0.756	0.804	0.852	0.900	0.947	0.993	1.039	1.085	1.130	1.175	1.220	1.264	1.308	
0.35	0.233	0.296	0.357	0.416	0.474	0.530	0.585	0.639	0.692	0.745	0.796	0.847	0.898	0.948	0.997	1.045	1.095	1.143	1.191	1.238	1.285	1.332	1.378	
0.36	0.245	0.312	0.376	0.438	0.498	0.557	0.615	0.672	0.728	0.783	0.838	0.892	0.945	0.997	1.049	1.101	1.152	1.203	1.253	1.303	1.352	1.401	1.450	
0.37	0.257	0.327	0.395	0.460	0.524	0.586	0.646	0.706	0.765	0.823	0.880	0.937	0.992	1.048	1.102	1.156	1.210	1.263	1.316	1.369	1.421	1.472	1.523	
0.38	0.270	0.344	0.414	0.483	0.549	0.614	0.678	0.741	0.803	0.863	0.923	0.983	1.041	1.099	1.157	1.213	1.270	1.325	1.381	1.436	1.490	1.545	1.598	
0.39	0.283	0.360	0.434	0.506	0.576	0.644	0.711	0.776	0.841	0.905	0.968	1.030	1.091	1.152	1.212	1.271	1.330	1.389	1.447	1.505	1.562	1.618	1.675	
0.40	0.296	0.377	0.447	0.517	0.587	0.657	0.727	0.794	0.860	0.927	0.994	1.061	1.128	1.195	1.265	1.328	1.392	1.454	1.514	1.575	1.635	1.694	1.753	
0.41	0.309	0.394	0.475	0.545	0.613	0.680	0.747	0.814	0.882	0.950	1.019	1.089	1.159	1.226	1.291	1.356	1.420	1.486	1.553	1.616	1.676	1.733	1.833	
0.42	0.323	0.411	0.496	0.564	0.632	0.701	0.771	0.840	0.909	0.978	1.047	1.117	1.187	1.257	1.326	1.395	1.464	1.533	1.602	1.671	1.740	1.809	1.873	
0.43	0.337	0.429	0.517	0.583	0.653	0.722	0.791	0.860	0.930	1.000	1.070	1.140	1.210	1.280	1.350	1.420	1.490	1.569	1.638	1.707	1.776	1.845	1.914	
0.44	0.351	0.447	0.539	0.602	0.672	0.741	0.810	0.879	0.948	1.018	1.088	1.158	1.228	1.300	1.370	1.440	1.509	1.588	1.657	1.726	1.795	1.862	1.929	

Anexo 2. Tabla de volumen comercial sin corteza (VSC) para bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.): $\ln(V) = -0.538 + 1.81 \cdot \ln(\text{dap}) + 0.83 \cdot \ln(H)$

dap (m)	ALTURA COMERCIAL (m)																							
	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
0.14	0.042	0.053	0.064	0.074	0.085	0.095	0.104	0.114	0.123	0.133	0.142	0.151	0.160	0.169	0.178	0.186	0.195	0.203	0.212	0.220	0.229	0.237	0.245	
0.15	0.047	0.060	0.072	0.084	0.096	0.107	0.118	0.129	0.140	0.150	0.161	0.171	0.181	0.191	0.201	0.211	0.221	0.231	0.240	0.250	0.259	0.268	0.278	
0.16	0.053	0.067	0.081	0.095	0.108	0.120	0.133	0.145	0.157	0.169	0.181	0.192	0.204	0.215	0.226	0.237	0.248	0.259	0.270	0.281	0.291	0.302	0.312	
0.17	0.059	0.075	0.091	0.106	0.120	0.134	0.148	0.162	0.175	0.189	0.202	0.215	0.227	0.240	0.252	0.265	0.277	0.289	0.301	0.313	0.325	0.337	0.348	
0.18	0.066	0.084	0.101	0.117	0.133	0.149	0.164	0.180	0.195	0.209	0.224	0.238	0.252	0.266	0.280	0.294	0.307	0.321	0.334	0.347	0.360	0.373	0.386	
0.19	0.072	0.092	0.111	0.129	0.147	0.164	0.181	0.198	0.215	0.231	0.247	0.262	0.278	0.293	0.309	0.324	0.339	0.354	0.368	0.383	0.397	0.412	0.426	
0.20	0.079	0.101	0.122	0.142	0.161	0.180	0.199	0.217	0.235	0.253	0.271	0.288	0.305	0.322	0.339	0.355	0.372	0.388	0.404	0.420	0.436	0.452	0.468	
0.21	0.087	0.110	0.133	0.155	0.176	0.197	0.217	0.237	0.257	0.277	0.296	0.315	0.333	0.352	0.370	0.388	0.406	0.424	0.442	0.459	0.476	0.494	0.511	
0.22	0.094	0.120	0.145	0.169	0.192	0.214	0.237	0.258	0.280	0.301	0.322	0.342	0.363	0.383	0.403	0.422	0.442	0.461	0.480	0.499	0.518	0.537	0.556	
0.23	0.102	0.130	0.157	0.183	0.208	0.232	0.256	0.280	0.303	0.326	0.349	0.371	0.393	0.415	0.436	0.458	0.479	0.500	0.521	0.541	0.562	0.582	0.602	
0.24	0.111	0.141	0.169	0.197	0.224	0.251	0.277	0.302	0.327	0.352	0.377	0.401	0.424	0.448	0.471	0.494	0.517	0.540	0.562	0.585	0.607	0.629	0.650	
0.25	0.119	0.151	0.182	0.212	0.242	0.270	0.298	0.326	0.353	0.379	0.405	0.431	0.457	0.482	0.507	0.532	0.557	0.581	0.605	0.629	0.653	0.677	0.700	
0.26	0.128	0.162	0.196	0.228	0.259	0.290	0.320	0.350	0.378	0.407	0.435	0.463	0.491	0.518	0.545	0.571	0.598	0.624	0.650	0.676	0.701	0.727	0.752	
0.27	0.137	0.174	0.210	0.244	0.278	0.311	0.343	0.374	0.405	0.436	0.466	0.496	0.525	0.554	0.583	0.612	0.640	0.668	0.696	0.723	0.751	0.778	0.805	
0.28	0.146	0.186	0.224	0.261	0.297	0.332	0.366	0.400	0.433	0.465	0.498	0.530	0.561	0.592	0.623	0.653	0.684	0.713	0.743	0.773	0.802	0.831	0.860	
0.29	0.156	0.198	0.239	0.278	0.316	0.353	0.390	0.426	0.461	0.496	0.530	0.564	0.598	0.631	0.664	0.696	0.728	0.760	0.792	0.823	0.854	0.885	0.916	
0.30	0.166	0.211	0.254	0.295	0.336	0.376	0.415	0.453	0.490	0.527	0.564	0.600	0.636	0.671	0.706	0.740	0.774	0.808	0.842	0.875	0.909	0.941	0.974	
0.31	0.176	0.223	0.269	0.314	0.357	0.399	0.440	0.481	0.520	0.560	0.598	0.637	0.674	0.712	0.749	0.785	0.822	0.858	0.893	0.929	0.964	0.999	1.034	
0.32	0.186	0.237	0.285	0.332	0.378	0.422	0.466	0.509	0.551	0.593	0.634	0.674	0.714	0.754	0.793	0.832	0.870	0.909	0.946	0.984	1.021	1.058	1.095	
0.33	0.197	0.250	0.301	0.351	0.399	0.447	0.493	0.538	0.583	0.627	0.670	0.713	0.755	0.797	0.839	0.880	0.920	0.961	1.001	1.040	1.080	1.119	1.158	
0.34	0.208	0.264	0.318	0.371	0.422	0.471	0.520	0.568	0.615	0.661	0.707	0.752	0.797	0.841	0.885	0.928	0.971	1.014	1.056	1.098	1.140	1.181	1.222	
0.35	0.219	0.278	0.335	0.391	0.444	0.497	0.548	0.599	0.648	0.697	0.745	0.793	0.840	0.887	0.933	0.978	1.024	1.068	1.113	1.157	1.201	1.244	1.288	
0.36	0.230	0.293	0.353	0.411	0.467	0.523	0.577	0.630	0.682	0.734	0.784	0.834	0.884	0.933	0.982	1.030	1.077	1.124	1.171	1.218	1.264	1.310	1.355	
0.37	0.242	0.308	0.371	0.432	0.491	0.549	0.606	0.662	0.717	0.771	0.824	0.877	0.929	0.980	1.031	1.082	1.132	1.182	1.231	1.280	1.328	1.376	1.424	
0.38	0.254	0.323	0.389	0.453	0.516	0.576	0.636	0.695	0.752	0.809	0.865	0.920	0.975	1.029	1.082	1.135	1.188	1.240	1.292	1.343	1.394	1.444	1.494	
0.39	0.266	0.338	0.408	0.475	0.540	0.604	0.667	0.728	0.788	0.848	0.907	0.965	1.022	1.079	1.135	1.190	1.245	1.300	1.354	1.407	1.461	1.514	1.566	
0.40	0.279	0.354	0.427	0.497	0.566	0.633	0.698	0.762	0.825	0.888	0.949	1.010	1.070	1.129	1.188	1.246	1.304	1.361	1.417	1.473	1.529	1.585	1.640	
0.41	0.291	0.371	0.447	0.520	0.592	0.661	0.730	0.797	0.863	0.928	0.993	1.056	1.119	1.181	1.242	1.303	1.363	1.423	1.482	1.541	1.599	1.657	1.715	
0.42	0.304	0.387	0.466	0.543	0.618	0.691	0.762	0.833	0.902	0.970	1.037	1.103	1.169	1.233	1.297	1.361	1.424	1.486	1.548	1.610	1.670	1.731	1.791	
0.43	0.318	0.404	0.487	0.567	0.645	0.721	0.796	0.869	0.941	1.012	1.082	1.151	1.219	1.287	1.354	1.420	1.486	1.551	1.615	1.680	1.743	1.806	1.869	
0.44	0.331	0.421	0.507	0.591	0.672	0.752	0.829	0.906	0.981	1.055	1.128	1.200	1.271	1.342	1.411	1.480	1.549	1.617	1.684	1.751	1.817	1.883	1.948	

EFECTO DEL ÁCIDO INDOL 3 BUTÍRICO Y CASCARILLA DE ARROZ CARBONIZADA EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS DE CAOBA (*Swietenia macrophylla*) EN CÁMARAS DE SUB-IRRIGACIÓN EN LA AMAZONÍA PERUANA

Federico YEPES¹, Dennis DEL-CASTILLO¹, Manuel SOUDRE¹, Julio SOPLIN¹, Jack CHUNG¹

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Programa Probosque, Av. Abelardo Quiñónez km 2.5, Iquitos, Perú, E-mail: fypes@iip.org.pe

RESUMEN

El propósito del estudio fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de ácido indol 3 butírico (AIB) y sustratos (arena y cascarilla de arroz carbonizada) en el enraizamiento de estaquillas juveniles de la *Swietenia macrophylla* (caoba). Las estaquillas procedieron de brotes apicales juveniles y con dimensiones de 6 cm de longitud y 40 cm² de área foliar. Se procedió a realizar el estudio en dos ensayos consecutivos. En el primero se probaron diferentes sustratos y dosis de ácido indol butírico, y en el segundo, se probaron dos tipos de estaquillas (apical y basal) con el mejor resultado de la interacción de sustrato y dosis del primer ensayo. Se utilizó la cámara de sub-irrigación como microambiente de propagación. El análisis de varianza ($p<0.05$) para enraizamiento y supervivencia indican que no existen diferencias significativas entre sustratos, ni en las dosis de AIB. En los sustratos arena y cascarilla carbonizada de arroz se obtuvieron 85% y 83% de enraizamiento, respectivamente. Con las dosis 0, 0.1, 0.3, 0.5 y 0.7% se alcanzaron 75%, 90%, 87%, 78% y 92% de enraizamiento respectivamente. Sin embargo, la interacción conformada por cascarilla de arroz carbonizada, 0.7% de AIB y estaquillas de tipo apical, aparentemente muestran mejores resultados. En la cuarta semana, se obtuvo un enraizamiento de 50% y en la octava de 93%.

PALABRAS CLAVE: Propagación vegetativa, estaquillas, enraizamiento, AIB, sustratos, caoba, *Swietenia macrophylla*.

EFFECTS OF INDOLE 3 BUTYRIC ACID AND BURNT RICE HUSKS ON THE ROOTING OF YOUNG SPROUTS OF MAHOGANY (*Swietenia macrophylla*) IN SUB-IRRIGATED CHAMBER IN THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effects of different concentrations of indole 3 butyric acid (AIB) and substrates (sand and burnt rice husks) on the rooting of young sprouts of mahogany (*Swietenia macrophylla*). The pegs were obtained from juvenile apical sprouts with 6 cm and 40 cm² of length and leaf area, respectively. Two consecutive trials were carried out. In the first, different substrates and doses of indole 3 butyric acid (IBA) were tested, and in the second, the best substrate and dosage of the first trial were used to test two types of cuttings (apical and basal). Sub-irrigated chamber was used as propagation micro environment. The analysis of variance for rooting and survival showed no significant difference ($p<0.05$), between substrates or among dosage levels of IBA. For sand and burnt rice husks, rooting was 85% and 83% respectively. Dosages of 0, 0.1, 0.3, 0.5, and 0.7% IBA, yielded a rooting of 75%, 90%, 87%, 78% and 92% respectively. However, the most successful result was obtained with the interaction between burnt rice husks, 0.7 % IBA and apical sprouts. In the fourth week, rooting was 50% and by the eighth week, 93% of cuttings had rooted.

KEYWORDS: Vegetative propagation, sprouts, rooting, IBA, substrates, mahogany, *Swietenia macrophylla*.

INTRODUCCIÓN

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es la especie forestal maderable más importante en la amazonía peruana, por la calidad de su madera, alto precio y demanda en los mercados. Tiene una extensa distribución natural en el Perú, el rango comprende las regiones de Loreto, Amazonas, San Martín, Ucayali, Huanuco, Junín, Cusco, Madre de Dios y Puno (Ríos *et al.*, 2002). En las últimas décadas, las poblaciones naturales sufrieron una intensa sobreexplotación debido a la extracción ilegal y no tecnificada de su madera, así como por la destrucción progresiva de su hábitat natural a causa de la conversión incontrolada de bosques en tierras de cultivo, poniendo en amenaza la supervivencia de la especie en los bosques de la Amazonía peruana. Por ello, a partir de 2003, la especie fue incluida en el Apéndice 2 de la Convención para el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES).

Una herramienta valiosa de reproducción para establecer estrategias de conservación, manejo y uso adecuado de los recursos genéticos amenazados y en peligro de extinción de especies como la caoba, es la propagación vegetativa. Es una técnica de reproducción asexual, la cual consiste en la producción de nuevos individuos a partir de una única planta donante, utilizándose diferentes partes de la planta como ramas, yemas, estacas, hojas, células, raíces u otros (Hartmann *et al.*, 1997). Se obtiene semilla vegetativa con mayor ganancia genética en productividad en el menor tiempo posible, con lo que posibilita la replica de los mejores individuos con combinaciones genéticas únicas, lo cual no es posible mediante el uso de semillas botánicas.

La técnica es viable con el uso de estaquillas provenientes de tallos ortotrópicos juveniles de plántulas, rebrotes de tocones o setos manejados, sanos y vigorosos. Si se utiliza material fisiológicamente adulto, la técnica puede no ser exitosa (Mesén *et al.*, 1992). El uso de los propagadores de sub-irrigación para el enraizamiento de estaquillas ha sido probado con éxito en más de cien especies de diferentes ecosistemas (Leakey *et al.*, 1982a), se pueden obtener enraizamientos entre 70 - 100% utilizando el sustrato y la concentración de AIB adecuadas. Se ha probado que el ácido indol 3 butírico (AIB) es la mejor auxina, ya que no es tóxico en un rango amplio de concentraciones y es efectivo en promover el enraizamiento en un gran número de especies, también es mucho más fotoestable que el ácido indol acético (AIA) y al ser insoluble en el agua permanece más tiempo en el sitio de aplicación manteniendo así su efectividad por períodos más largos de tiempo (Hartman & Kester, 1976).

Con el fin de contribuir con técnicas para la conservación genética y contar con una nueva herramienta para la reforestación de la caoba en la Amazonía peruana, se desarrolló el presente estudio que tuvo por objetivo determinar el efecto de diferentes dosis de ácido indol 3 butírico (AIB) y sustratos en el enraizamiento de estaquillas juveniles utilizando como ambiente de micropagación a la cámara de sub-irrigación.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Los ensayos fueron realizados en el vivero del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH), del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). El CIJH se encuentra ubicado a 2.5 km al este del poblado de Jenaro Herrera (4°55' S, 73°44' E), en el distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, Loreto. La temperatura anual es de 26 °C, con variaciones estacionales entre 25.1 °C (julio) y 26.5 °C (diciembre). La precipitación anual fue de 2724 ± 171 mm. Existen dos estaciones, la seca de junio a setiembre con precipitación de menos de 180 mm por mes y la lluviosa entre diciembre y marzo. La humedad relativa promedio fue de 85.9%, con un valor menor (<85.5%) entre los meses de julio a octubre y un valor mayor (el 87.2%) entre los meses de febrero y abril (SENHAMI, 2007).

ÁREA EXPERIMENTAL Y SISTEMA DE PROPAGACIÓN

El área de enraizamiento estuvo cubierta por una malla Raschell (80%) de color negro, a fin de disminuir la intensidad de luz y temperatura dentro del ambiente. Las condiciones ambientales externas medidas fueron: temperatura del aire 29 °C y humedad relativa 85%. Se utilizó como ambiente de micropagación una cámara de sub-irrigación deseñada por Leakey *et al.* (1990) con algunas modificaciones en la parte interna. La estructura fue fabricada en base a madera y forrada completamente con plástico transparente tipo mica #10. Las condiciones ambientales promedio dentro de la cámara fueron: temperatura 31 °C, temperatura del sustrato 29 °C y humedad relativa 88%.

MATERIAL VEGETATIVO

Las plantas jóvenes de caoba fueron producidas de semilla botánica. Se realizó un corte en el ápice de la planta a 30 cm de altura para inducir la emisión de brotes laterales. A los 35 días se obtuvieron brotes de 15 cm. Los brotes fueron dimensionados en estaquillas de 6 cm de longitud y 0.4 cm de diámetro promedio,

con dos hojas de 20 cm² área foliar cada una. La desinfección del material vegetativo se realizó con el fungicida Cupravit OB 21 (30 gr) diluido en 10 litros de agua. El material vegetativo fue sumergido en el desinfectante durante diez minutos y luego secado al aire libre.

SUSTRATOS

Los sustratos utilizados fueron arena de grano media (diámetro 0.2 – 1.0 mm) y cascarilla de arroz carbonizada. El proceso de esterilización para arena consistió en el tamizado, lavado y tratada a presión de vapor de agua por dos horas. La cascarilla de arroz fue carbonizada por combustión durante cinco horas.

El proceso de carbonizado se inició con el esparcido de las cascarillas alrededor del horno metálico hasta cubrir completamente la base de acoplamiento con la chimenea formando un cono, manteniéndose una combustión constante hasta que la capa superior muestre un color oscuro como el carbón. En el proceso de carbonización se tuvo particular cuidado de evitar la formación de ceniza.

PROCEDIMIENTO

Se realizaron dos ensayos consecutivos: a) en el primer ensayo se probaron diferentes dosis de ácido indol 3 butírico (AIB) y sustratos. El AIB puro en polvo fue diluido con alcohol metílico de 96° en concentraciones de 0.1, 0.3, 0.5 y 0.7%.

Los sustratos utilizados fueron arena y cascarilla de arroz carbonizada. b) en el segundo ensayo, se probaron dos tipos de estaquilla según la posición en el brote, el tipo apical ubicado en la parte del ápice y basal en el inicio del brote. Se utilizó el sustrato de cascarilla de arroz carbonizada, y dosis de AIB (0.7%) obtenidos en el primer ensayo.

En ambos ensayos, las aplicaciones de AIB se realizaron remojando la base de la estaquilla por cinco segundos, de acuerdo con las recomendaciones de Hartmann & Kester (1972) y luego ventiladas para la evaporación del alcohol. En los tratamientos se incluyó un testigo sin hormona.

Las estaquillas tratadas fueron introducidas en los sustratos dentro de la cámara de sub-irrigación, según el croquis del diseño experimental. Durante el periodo de duración del ensayo se aplicaron riegos manuales de agua por aspersión intensos en días con alta luminosidad y ligeros en los sombríos.

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

En ambos ensayos se utilizó un diseño de bloques completo al azar, con arreglo factorial, con diez tratamientos, tres repeticiones por tratamiento y diez unidades experimentales por repetición. Se evaluó la supervivencia de la estaquilla y la presencia de raíces. Asimismo, se registraron las variables ambientales dentro y fuera de la cámara de enraizamiento: temperatura y humedad relativa en diferentes horarios (08:00, 12:00 y 15:00). Los datos de porcentaje fueron transformados mediante la fórmula arcoseno $x/100$ (Snedecor & Cochran 1980) y se sometieron al análisis con respaldo del programa estadístico SPSS. Se realizó el análisis de varianza, seguido por la prueba de Tukey ($p < 0.05$) en las fuentes de variación con significación para determinar las naturalezas de las diferencias entre tratamiento.

RESULTADOS

EFFECTO ENTRE DOSIS DE ÁCIDO INDOL 3 BUTÍRICO (AIB) Y SUSTRATOS

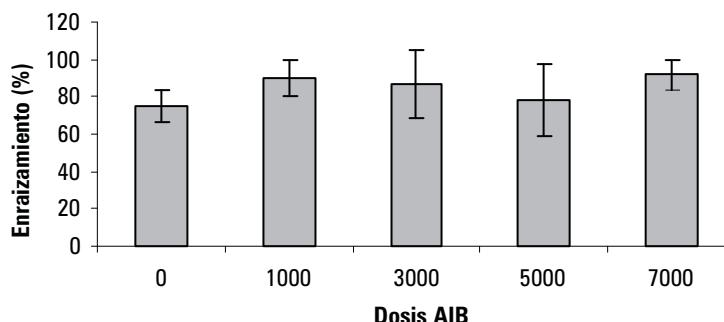
En el primer ensayo, el análisis de varianza para enraizamiento y supervivencia de estaquillas, indican que no existen diferencias significativas entre los dos sustratos. El enraizamiento de caoba en arena (85%) fue ligeramente superior que en cascarilla de arroz (83%), aunque las pruebas de rango múltiple (Tukey) no mostraron diferencias significativas (tabla 1). De igual forma, no hubo diferencias significativas entre las dosis de AIB. Todas las dosis utilizadas favorecen la formación de callos, brotación, enraizamiento y supervivencia de estaquillas. Aparentemente, el enraizamiento de caoba en la dosis 0.7% de AIB fue ligeramente superior a las otras, aunque las pruebas de rango múltiple (Tukey) no mostraron diferencias significativas. En la figura 1 se presenta el efecto de las dosis de AIB sobre el enraizamiento de caoba.

EFFECTO DE TIPO DE ESTAQUILLAS

En el segundo ensayo, se utilizó la cascarilla de arroz carbonizada como sustrato y la dosis de 0.7% de AIB por ser la interacción con el mejor resultado en el primer ensayo. El análisis de varianza determinó diferencias significativas ($P < 0.05$) en el enraizamiento por tipo de estaquillas. Las pruebas de rango múltiple (Tukey) indican que existen diferencias significativas, siendo el tipo de estaquilla apical la que obtuvo el mayor enraizamiento con relación a la estaquilla de tipo basal (Tabla 2).

Tabla 1. Prueba de Tukey para sustratos sobre la formación de raíces en estaquillas de caoba en Jenaro Herrera, Loreto.

SUSTRATO	ENRAIZAMIENTO(%)	SOBREVIVENCIA(%)
Arena	85a	93
Cascarilla arroz carbonizada	83a	97

**Figura 1.** Efecto de la concentración de AIB sobre el enraizamiento de estaquillas de caoba *Swietenia macrophylla*, en Jenaro Herrera, departamento de Loreto.**Tabla 2.** Prueba de Tukey según tipo de estaquillas en la formación de raíces en caoba *Swietenia macrophylla* en Jenaro Herrera, Loreto.

TIPO ESTAQUILLA	ENRAIZAMIENTO (%)	SIGNIFICACIÓN
Apical	90	a
Basal	55	b

**Figura 2.** Fotografía mostrando el enraizamiento de caoba *Swietenia macrophylla* (estaquilla de tipo apical con dosis de 0.7% de AIB), obtenido en el vivero del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera, Loreto.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los valores obtenidos en ambos sustratos fueron estadísticamente similares, los resultados en arena aparentemente fueron ligeramente superiores a la cascarilla carbonizada. Sin embargo la velocidad de enraizamiento fue mayor en cascarilla carbonizada, presentándose en la cuarta semana hasta un 50% de enraizamiento. El uso de cascarilla de arroz carbonizada como sustrato permite mejores condiciones de aireación, drenaje y proporciona el soporte necesario para fijar las estaquillas y no necesita de tratamientos químicos adicionales para la esterilización; pues esta fue esterilizada en el proceso de carbonización. Los resultados reafirman lo expuesto por Díaz *et al.* (1992), quienes indican que el medio ideal para enraizamiento es aquel que permite buena aireación, se drene bien y sea fácil de esterilizar y que además, proporcione un soporte adecuado a la estaquilla.

Aparentemente los valores de enraizamiento obtenidos en el estudio fueron superiores a otros estudios realizados en Meliaceas. Mesén *et al.* (1992) y Dos Santos (2002) trabajando con *Swietenia macrophylla* y Díaz *et al.* (1992) trabajando con *Cedrela Odorata* reportan que en diferentes concentraciones de AIB (0, 0.2, 0.4, 0.8 y 1.6%) disuelto en metanol obtuvieron valores de enraizamiento que varían entre el 40% y 76% utilizando como sustratos grava, mezcla de grava y aserrín, arena y mezcla de arena aserrín.

El alto valor de enraizamiento (90%) obtenido en las estaquillas de tipo apical, ratifica la presencia de altas concentraciones de auxinas en la parte meristemática. Esto es concordante con lo reportado por Zeiger & Taiz (2007), quienes indican que si bien las auxinas se encuentran en toda la planta, las mayores concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas apicales en crecimiento activo, trasladándose en forma basipétala desde el punto apical de la planta hacia la base. Este flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical. Asimismo, mencionan que las auxinas en elevadas concentraciones promueven la formación de raíces laterales y adventicias, típico en el enraizamiento de las especies nativas amazónicas.

Estos resultados permiten concluir que el enraizamiento de caoba con estaquillas juveniles en cámaras de sub-irrigación fue exitoso. Se obtuvo resultados similares con ambos sustratos, con la diferencia que el sustrato con cascarilla carbonizada presenta una mayor velocidad de enraizamiento. Por lo tanto se recomienda a la cascarilla de arroz carbonizada como sustrato, uso de AIB en dosis de 0.7%, y estaquillas de tipo apical de 20 cm² área foliar, 5 cm de longitud para el enraizamiento de caoba en la Amazonía peruana.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado por el Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT) a través del proyecto: “Desarrollo tecnológico apropiado para la propagación vegetativa aplicado a la producción intensiva de semilla vegetativa de especies maderables valiosas en las regiones Loreto y Ucayali (PROVEFOR)”. Los autores desean agradecer a Javier Souza Padilla y Gaspar Vilchez personal técnico del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera por su apoyo en el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Díaz E.; Salazar, R.; Mesén, F. 1992. Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. Revista Silvoenergía. N° 51. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 4pp.
- Dos Santos, G. 2002. Propagación vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa y angico vermello por miniestaquia. Monografía. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Visosa. Brasil.
- Hartmann, H.; Kester, D.; Davis, J.R.F. 1997. Plant propagation: principles and practices. 6^a ed. New York: Englewood Cliffs / Prentice Hall, EEUU. 770pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES DEL PERÚ (INRENA). 2007. Plan de acción estratégico para la implementación del apéndice II de la CITES para la caoba en el Perú (PAEC-Perú). Lima, Perú. 32pp.
- Leakey, R; Chapman, V.; Longman, K. 1982. Physiological studies for tropical tree improvement and conservation. Factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *Forest Ecology and Management*. 4:53-66.
- Mesén, F.; Leakey, R.; Newton, A. 1992. Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. Revista el Chasqui. N° 28:6-18. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 12pp.
- Ríos, J.; Stern, M.; León, F.; Reátegui, F. 2002. Análisis del estado de conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en el Perú. WWF – Oficina Programa Perú. Vol. 1: Texto del informe. Lima, Perú. 99pp.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENHAMI). 2007.
- Zeiger, E.; Taiz, L. 2007. Fisiología vegetal. Ciencias experimentales/ Experimental Sciences. Edición 3. Universidad de Jaume. España. 1907pp.

AGRICULTURA VS. HORTICULTURA, CAMPESINO VS. BOSQUESINO. BALANCE Y PROYECCIÓN

Jorge GASCHÉ¹

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Av. Abelardo Quiñones km 2,5, casilla postal 784, Iquitos, Perú.
jorge.gasche@gmail.com

RESUMEN

Este artículo tiene una introducción y dos partes. La primera parte argumenta porque, cuando nos referimos a las técnicas de cultivo que se emplean en la mayor parte de las tierras de la Amazonía (es decir, en la tierras de altura), el término que se debe usar es “horticultura” y no “agricultura”, este último siendo más o menos adecuado sólo para designar los monocultivos (de arroz, maíz, urena) en las terrazas bajas o medianas (las *várzeas*, en términos brasileños). Al mismo tiempo, para referirnos a la población que vive en y del bosque y que cultiva sus tierras, debemos hablar de “bosquesinos” y no de “campesinos”. Hacemos la crítica lingüística y pragmática de estos términos a fin de distinguir y poner en evidencia realidades técnicas y ecológicas que el uso indiscriminado de “agricultura” y “campesino” confunde. Esta confusión lleva a concebir proyectos de desarrollo rural inadecuados al medio bosquesino amazónico; de ahí, los fracasos regulares de estos proyectos. La segunda parte muestra cómo remediar el desconocimiento de los sistemas hortícolas y expone los lineamientos de un proyecto de investigación y promoción alternativo que tiene el objetivo de revalorar las prácticas hortícolas bosquesinas y, con ellas, los valores socioculturales bosquesinos.

PALABRAS CLAVE: Amazonía, agricultura, desarrollo rural, bosquesinos, campesinos, indígenas, sociedad rural amazónica.

AGRICULTURE VS. HORTICULTURE, PEASANT VS. FOREST DWELLER. BALANCE AND PROJECTION

ABSTRACT

This article has an introduction and two parts. The first part argues why, when we refer to the cultivation techniques used in most of the Amazon territory, the term to use is "horticulture" and not "agriculture", the latter being more or less appropriate to designate only the monocultures (rice, maize, urena) on the lower or medium terraces (the *varzeas*, in Brazilian terms) on the river boards. At the same time, to refer to people living in and by means of the forest and cultivating its land, we must speak of "forest dwellers" rather than of "peasants." We criticize linguistically and pragmatically these terms with the purpose to distinguish and highlight technical and ecological realities that the indiscriminate use of "agriculture" and "peasant" is confusing. This confusion leads to a conception of rural development projects for the forest dweller society that is inadequate; hence, the regular failures of these projects. The second part shows the guide-lines of an alternative research project whose objectives are (1) to fill the gap of our ignorance of the horticultural systems and (2) to revalorate the horticultural practices of the forest dwellers and the whole of their socio-cultural values.

KEYWORDS: Amazonia, agriculture, horticulture, rural development, forest dwellers, peasants, indians, Amazonian rural society.

INTRODUCCIÓN

Cada ciencia tiene su lenguaje especializado para evocar con precisión y coherencia lógica la realidad que está investigando. Las ciencias sociales tienen la misma preocupación de usar términos claramente definidos para circunscribir y nombrar los hechos observables. Una parte de la investigación en las ciencias sociales se dedica a evaluar críticamente ciertos términos en uso, sea en alguna de sus ramas, sea en otras ciencias (pero que tienen relación con las sociales), sea en el lenguaje de todos los días de los responsables del desarrollo. Esta evaluación revela en qué medida los términos usados están adecuados o no a la realidad a la que pretenden referirse y en qué medida habrá que restringir eventualmente su uso a un campo determinado de la realidad, sustituyéndole en otro uso, referente a otro campo de la realidad, otro término. Esto, a fin de dar al pensamiento y a la comprensión de la realidad instrumentos de mayor precisión y adecuación. El presente artículo asume esta tarea. Demostraremos que los términos de “agricultura” y de “campesino” son, en la mayoría de los casos, inadecuados para designar las prácticas de cultivo de la tierra y los hombres que la cultivan en la Amazonía baja del Perú. Para evocar estas prácticas y sus actores, conviene hablar de “horticultura” y de “bosquesino”, y el término de “agricultura” debiérase reservar a pocos cultivos y limitadas extensiones en tierras aluviales de los ríos grandes. Hacemos estas precisiones porque pensamos y decimos que: “con palabras correctas se piensa mejor” y, particularmente, pensando y comprendiendo en términos correctos –es decir, claramente definidos– la realidad rural amazónica, pensaremos también mejor y de manera más realista y adecuada las posibilidades del desarrollo rural amazónico. En la segunda parte definiremos los lineamientos de un gran proyecto de investigación alternativo destinado (1) a remediar a la ignorancia que afecta a los decididores políticos en cuanto a los sistemas hortícolas bosquesinos y (2) a revalorar estos sistemas –y con ellos, el conjunto de valores socioculturales bosquesinos– como bases sólidas y concretas de un desarrollo rural amazónico sostenible.

LA HORTICULTURA DEL BOSQUESINO

El *bosquesino* es el habitante rural de la selva amazónica que vive en el bosque y del bosque y sus

aguas. El bosquesino caza, pesca, recolecta materias primas vegetales y minerales, frutos silvestres, miel, insectos y ciertos animales acuáticos (churos, cangrejos, camarones). Además, practica la *horticultura*, o, para usar un término corriente en la antropología, el cultivo de corte y quema o rozo y quema.¹ Con los productos cultivados o recolectados confecciona artesanías, construye viviendas, cocina comidas y practica sus “fiestas” o “rituales”, que son parte de la expresión de sus valores sociales. Hoy en día, una parte de su producción –de toda índole– es comercializada (a veces al interior de la comunidad, por medio de regatones, en visitas de turistas o en los mercados de ciudades cercanas o más lejanas) y el dinero está en uso –en distintas cantidades– en todas las comunidades bosquesinas².

Lamentablemente, los funcionarios de diferentes ministerios, los políticos y los desarrollistas siguen hablando de “agricultura”, cuando se refieren al trabajo de la tierra de los bosquesinos. Al mismo tiempo en que las marcas más visibles de las culturas indígenas desaparecen, tienen la tendencia de hablar de “campesinos”, cuando deberían hablar de “bosquesinos”. Esta terminología –agricultura, campesino– crea confusión en la medida en que borra diferencias significativas entre prácticas de cultivo y asimila las prácticas de cultivo propiamente amazónicas a prácticas de cultivo que se dan en otros medios naturales y en otras latitudes.

En la Amazonía peruana, el 7% de los suelos son aluviales, lo que significa que durante las inundaciones anuales se deposita limo fértil en las riberas de los ríos grandes que bajan de los Andes acarreando materias ricas en minerales de origen volcánico. De esta manera, la fertilidad de estas tierras ribereñas se renueva anualmente y permite el cultivo periódico regular sólo interrumpido por las crecientes del “invierno”.

El 93% de las tierras amazónicas son tierras de altura, de alto grado de acidez, arcillosas y arenosas, de escasa materia orgánica (humus) y, desde luego, de baja fertilidad. Lo que permite el cultivo –transitorio– de estas tierras no es la fertilidad del suelo, sino la que les aporta la vegetación en pie (el bosque, la purma), cuando es tumbada y quemada; la presencia de las cenizas, además, disminuye temporalmente la acidez de estos suelos haciéndolos más propicios para el cultivo. En estas tierras de altura, los pueblos indígenas han desarrollado distintos sistemas de

1 La literatura en lengua inglesa habla de “slash-and-burn cultivation”, “shifting cultivation” y “swidden cultivation”; en francés se habla de “essartage” y “culture sur brûlis”, en alemán, de “Brandrodungsackerbau”.

2 Las comunidades bosquesinas, desde luego, están todas –en distintos grados y según variadas modalidades– vinculadas (para no decir “integradas”) al mercado, o mejor dicho: a mercados, ya que el mercado en el sentido ideal como lo concibe la doctrina económica liberal sólo existe de manera muy limitada en la Amazonía: en las esferas de la economía industrial y urbana. Lo que habrá que investigar y precisar, precisamente, son las diferentes *formas de mercado* existentes en la Amazonía.

cultivo que, mayormente, han sido estudiados por los antropólogos (ver, p.ej., el estudio sintético de Cerón, 1991) y, escasamente, por algún agrónomo curioso. La misma ciencia agronómica en las universidades amazónicas, los ingenieros agrónomos y los extensionistas agrícolas del Ministerio los ignoran o tienen de ellos una visión general y simplista, considerando la “chacra” como la señal de una técnica rudimentaria o primitiva de cultivo.

Para referirnos a estas técnicas de cultivo, diversas según las tradiciones étnicas y particularmente adaptadas a los suelos pobres que cubren la casi totalidad de la Amazonía, cabe mejor usar la palabra “horticultura” (del latín *hortus*, esp. *huerta, huerto*) que “agricultura”, y eso por las siguientes razones:

“Agricultura” se deriva de la palabra latín *ager* que significa el campo abierto que se puede aprovechar permanentemente haciendo rotar las diferentes especies de cultivo, intercalando eventualmente un año de barbecho con cultivo de forraje para ayudar a la regeneración de la fertilidad o garantizando ésta con abono químico como en las grandes plantaciones de maíz, algodón y caña de azúcar. El agricultor que cultiva el campo abierto es el “campesino”. En el campo abierto se siembra una sola especie; se practica, entonces, el monocultivo; y la siembra es masiva y homogénea por lo que ha sido posible mecanizarla. La siembra masiva y homogénea de una sola especie sobre una gran superficie supone que el suelo también sea homogéneo para producir de manera igual en toda la extensión del terreno. Homogeneidad del suelo, manejo de fertilidad permanente, monocultivo, trato masivo y uniforme a las semillas y prioridad acordada a la cantidad producida son las características más resaltantes de la agricultura.

En la Amazonía encontramos prácticas de cultivo que se asemejan a la agricultura tal como la acabamos de definir sólo en las terrazas medianas y bajas de las ribерas aluviales de los ríos grandes, es decir, en esta franja muy limitada de tierras fertilizadas anualmente por las crecientes. Allí se pueden sembrar arroz, maíz, urena y plátano en monocultivo y regando las semillas “al voleo”, es decir, masivamente, la relativa homogeneidad de los depósitos aluviales garantizando un desarrollo más o menos homogéneo del sembrío. Hasta aquí conviene el término de agricultura. Lo que, sin embargo, diferencia esta agricultura en los barreales amazónicos de la agricultura en la Costa o en los continentes templados es el mayor riesgo. Por un lado, una creciente más temprana a lo previsto puede aniquilar la cosecha, y la irregularidad de las crecientes es una probabilidad permanente en la Amazonía. Por otro lado, los depósitos aluviales pueden cambiar de sitio; un terreno fértil puede ser llevado por la corriente o ser cubierto de arena y

volverse incultivable; y en otro sitio puede aparecer una playa fértil, donde el año anterior no había. Por eso, en este medio natural, los certificados de posesión nunca pueden significar una propiedad permanente.

Estamos aquí tocando un rasgo característico general del paisaje fluvial de las grandes llanuras de inundación amazónicas (llamadas “várzeas” en el Brasil): su inestabilidad, los cambios en los contornos terrestres inmersos y emersos. La vegetación –las restingas, el bosque inundable: la “tahuampa”– gracias a su arraigamiento en la tierra, resiste hasta cierto punto a la erosión por la corriente. Pero cuando la orilla se desbroza y cuando la cubierta forestal se quita de los bajales y restingas, la erosión actúa con toda su fuerza y modifica más rápidamente el paisaje. Éste se vuelve inestable, y su uso siempre más problemático y arriesgado.

Pero volvamos al tema de la “horticultura”: los sistemas de cultivo adaptados a las tierras pobres de altura y creados por los pueblos indígenas. Para quien ha observado como se prepara, siembra y cuida una “chacra”, debe parecer evidente que esta manera de cultivar la tierra no corresponde a lo que más arriba hemos definido como “agricultura”. La “chacra” no es un campo permanentemente abierto, más bien es un “claro” transitorio, generalmente de tres años de duración, en un medio forestal, primario o secundario (“purma”). Una cosecha de plátano y máximo dos cosechas de yuca fijan el límite de la producción de panllevar. Los árboles frutales, en cambio, siguen produciendo cuando la chacra está abandonada para que se regenere el bosque en forma de “purma”, ya que, como antes dijimos, es la vegetación en pie la que vuelve a dar fertilidad a la parcela cultivada. Más vieja es la purma, mayor fertilidad tendrá la chacra que en ella se vuelve a establecer; más rápida es la rotación entre la fase de “purma” y la “chacra”, menos fértil es el terreno, más raquíctica la yuca. La fase boscosa –la “purma”– hace posible que un terreno cultivado una vez (“chacra”) vuelva a ser productivo. La fase boscosa es parte constitutiva de los sistemas de cultivo en los suelos pobres de altura (Balée & Gely, 1989; Denevan & Padoch, 1988, 1990; Hödl & Gasché, 1981; Sastre, 1975). La agricultura, como la hemos definido, no conlleva fase boscosa.

Al mirar el territorio de una comunidad bosquesina desde el aire, observamos unos claros –las chacras– en medio de un mosaico de formaciones vegetales secundarias (“puras”) de diferentes edades que indican diferentes grados de avance de la regeneración de la fertilidad para el futuro nuevo uso hortícola. Se nos presenta a la vista, entonces, un paisaje muy diferente de cualquier paisaje “agrícola” en la costa o en los países templados del Norte. Es de admirar que esta diferencia fundamental no haya llamado la atención de los agrónomos amazónicos.

Si examinamos el suelo que cultivan los horticultores y horticultoras amazónicos, nos damos rápidamente cuenta que éste no corresponde a lo que comúnmente se llama “tierra agrícola”, es decir un suelo en que predomina el *humus*, tierra negra de origen orgánico. El suelo de una chacra tiene una muy delgada capa de materia orgánica, enriquecida de manera muy desigual por las cenizas que resultan de la quema, con acumulación de cenizas en los puntos de shunteo, y debajo de ella se encuentran arcilla o greda o una mezcla de las dos (suelo franco-arcilloso o franco-arenoso). Pero fuera de estas características, hay que mencionar la presencia de una densa red de raíces y raicillas que atestiguan en el suelo la presencia permanente del bosque o de la purma tumbada. Son estas raíces las que contaminan los cultivos con sus *micorrizas*, hongos microscópicos, que trasmitten a los vegetales –silvestres, luego cultivados– los nutrientes de los restos vegetales (hojarasca, etc.) caídos en el suelo directamente, es decir, sin que el proceso de fermentación y descomposición tenga que intervenir para liberarlos. La presencia y actividad de los micorrizas en el bosque amazónico son responsables de la circulación acelerada de los nutrientes en comparación con la que se observa en otras latitudes y climas. Y ellas también explican en parte la delgadez de la capa orgánica de los suelos del bosque. Este mecanismo de transmisión directa de nutrientes desde la materia vegetal a las plantas vivas también beneficia a los cultivos. La horticultura bosquesina, desde luego, está estrechamente vinculada a uno de los factores biológicos fundamentales del funcionamiento de los ecosistemas del bosque.

Las raíces siempre presentes en el suelo, las semillas de especies forestales que no se han muerto en la quema y las cepas de árboles capaces de rebotar permanecen en la chacra como un potencial de regeneración del bosque que, junto con otras semillas aportadas por el viento, las aves y otros animales, se realiza plenamente a partir del momento en que se efectúan las últimas cosechas y se abandona la chacra. Las especies exigentes de luz y de crecimiento rápido se desarrollan primero y caracterizan las asociaciones vegetales típicas de las purmas jóvenes. Las especies propias al bosque primario y de crecimiento lento bajo sombra se desarrollan debajo de la purma y empiezan a dominar recién cuando las especies secundarias han alcanzado su máximo desarrollo y degeneran, abriendo espacios de luz a la especies primarias. Todo este proceso de regeneración del bosque –que en las comunidades sedentarias de hoy ya no se da, porque las chacras rotan en las purmas de diferentes edades– reconstituye la fuente de la fertilidad de las chacras, fertilidad variable hoy en día en función de la edad de la formación vegetal secundaria.

Pero a la regeneración de la fertilidad natural en la fase boscosa (“purma”) en los sistemas hortícolas amazónicos no se limita la diferencia de éstos en comparación con los sistemas agrícolas. Una característica que justifica con mayor peso el uso del término “horticultura” consiste en el trato individual que la chacarera da a cada planta que siembra. No observamos siembra masiva como en la agricultura que riega –hoy mecánicamente– las semillas sobre toda la superficie cultivada. Cada estaca de yuca, cada mashque de plátano, cada plántula de pijuayo, cada semilla de algún árbol frutal, cada raíz tuberosa de sachapapa, daledale o achira y hasta los granos de maíz agrupados por tres o cuatro son sembrados individualmente en un punto escogido por la chacarera o los mingueros comprometidos con la siembra de una chacra. De esta manera, la sembradora o el sembrador toman en cuenta la heterogeneidad del suelo y la distribución desigual de las cenizas en la superficie de la chacra. Este trato individual propiciado a los cultivos se asemeja claramente al trato que el horticultor da a las semillas o plantones de verduras. De la misma manera, el trato a las plantas y productos es individual en el momento del deshierbe y de la cosecha.

También, así como el horticultor en su parcela alterna filas de lechugas con filas de rabanitos, de zanahorias, de tomates etc., la chacarera crea en la chacra manchales de diversas asociaciones de cultivo: manchales monoespecíficos: p.ej. tabaco, coca, maní; manchales biespecíficos, p.ej., yuca y plátano, yuca y maíz, yuca y coca; manchales triespecíficos: yuca, plátano y maíz o yuca, maíz y pijuayo, etc.; y, más allá, asociaciones vegetales más complejas, si consideramos la presencia de otros tubérculos y árboles frutales sembrados y la caña de azúcar. Los especialistas han apreciado el así practicado *policultivo* o *cultivo mixto* en las chacras de altura como particularmente apto a proteger la calidad del suelo. Se ha dicho que la chacra “imita” el bosque en pequeña escala (Geertz, 1968; Boster, 1983; Vickers, 1983). La compleja arquitectura del follaje, en diferentes niveles de altura, de las variadas especies cultivadas protege el suelo contra el impacto de las lluvias y, de esta manera, de la lixiviación de los minerales y la erosión, a cuya disminución también contribuyen las raíces intrincadas de las especies mezcladas. El follaje también abriga el suelo del máximo calentamiento del sol que destruye la vida de los microorganismos del suelo y su sombra inhibe hasta cierto punto el crecimiento de las malezas que necesitan mayor cantidad de luz (heliófilas = “que aman el sol”). Al asociar cultivos con diferentes requerimientos nutritivos en densidades adecuadas, determinadas por la experiencia y la experimentación, los cultivos aprovechan los nutrientes disponibles más

de manera complementaria que entrando en competencia mutua. De esta manera, los suelos conocidamente pobres de las tierras de altura son aprovechados de una manera más racional que por un monocultivo, que explota los nutrientes de manera unilateral.

Cada chacra de altura es un mosaico de manchales de diversos tipos de asociaciones vegetales que el observador tiene que descifrar para comprender la lógica hortícola de las diferentes tradiciones hortícolas locales que, generalmente, remontan a la milenaria experiencia de los pueblos indígenas, que han domesticado los cultivos o los han adoptado de vecinos y que han creado, cada uno, su sistema de cultivo sobre la base de sus experimentaciones y los valores asociados a las especies cultivadas. De ahí que, en el presente, existe todo un campo de investigación sobre estas diversas técnicas hortícolas, y los cultivos que implican, que han demostrado manejar de la manera racional y sostenible los recursos naturales (suelo y bosque), sin destruir el bosque, sino permitiendo su regeneración natural.

Lamentablemente, los agrónomos que trabajan en la Amazonía –con escasa excepción– han prestado muy poca atención a las prácticas hortícolas de manejo racional y sostenible de los bosquesinos, que, por ser más orientadas hacia la calidad de la producción (la diversidad) que hacia la cantidad (el mercado), les parecen “atrasadas”, “primitivas” o “rudimentarias”. Nuevamente, los prejuicios de nuestras élites intelectuales se arraigan en valores sociales distintos de los bosquesinos, los que estas élites ignoran o no están dispuestas a reconocer y aceptar como base de otro tipo de desarrollo que responda a los valores de la población rural y no a los de los habitantes urbanos y que sea adaptado a las características propias de la productividad natural amazónica. Si bien es cierto que la diversidad de cultivos en las chacras tiene tendencia a disminuir porque ciertas chacareras se limitan a sembrar cultivos que se pueden vender en el mercado, esta tendencia se nota mayormente – ¡mas no exclusivamente! – a lo largo de los ríos grandes, en la cercanía de las ciudades y en terrenos aluviales (con especies de corto ciclo vegetativo). En estos terrenos más fértiles los méritos ecológicos de los sistemas asociativos (policultivo) son menos pertinentes que en las tierras pobres de las alturas. En las poblaciones que hacen sus chacras en altura se puede seguir investigando la muy diversa herencia de la experimentación hortícola de los pueblos originarios que sigue practicándose en una gran variedad de sistemas hortícolas y cuyas conservadoras son, en primer instancia, las mujeres chacareras. Pero aún en estos sistemas observamos, en algunos lugares, cierta tendencia al empobrecimiento de la diversidad de

cultivos en las chacras, lo que no sólo se debe a cierta preferencia dada a la producción para el mercado, sino también a los efectos de una educación escolar que no valora el saber y manejo hortícola tradicional de las mujeres –como podría hacerlo, enseñando sus méritos ecológicos– sino más bien divulga y valora el espejismo de la vida urbana, que da un estatus social inferior a la chacarera y valora la secretaria o la guía de turistas, etc (Echeverri, 2008).

En las sociedades indígenas tradicionales, el trabajo y la producción hortícolas de la mujer son altamente valorados (Descola, 1989; Griffiths, 2001). Una chacra con alta diversidad de cultivos, limpia de malezas y produciendo grandes tubérculos y frutos son un orgullo para la mujer y le dan prestigio social. Las mujeres chacareras son interesadas en conseguir nuevas semillas y experimentar con ellas. Todavía hoy en día se puede observar que mujeres que viajan a grandes distancias, cuando regresan a su comunidad, llevan semillas nuevas para sembrarlas en sus huertas o chacras. Que la escuela hasta ahora no ha sabido valorar el trabajo hortícola bosquesino es otra razón más de la alienación que la sociedad dominante inflige a la sociedad bosquesina al desvalorar el *arte hortícola*, creativo y fuente de orgullo y prestigio, con el argumento que esta horticultura (o, como dicen los “ingenieros”, esta “agricultura”) no produce en cantidad suficiente para el mercado y, desde luego, no es una fuente de “desarrollo” y “progreso” (tales como ellos se los imaginan). Y este juicio se fundamenta nuevamente en la ignorancia de estos profesionales urbanos, que, como todos los consumidores ciudadanos, desconocen la gran variedad de productos que, en vez de dejarlos eliminar en función de una demanda muy limitada de productos en el mercado, deberían promoverlos en el mercado urbano, enriqueciendo por sus valores alimenticios y sabores diferentes la alimentación del poblador urbano, amazónico o costeño y, creando de esta manera una nueva demanda, ofrecer una salida al mercado que incitaría a los bosquesinos a mantener y enriquecer la diversidad de cultivos tan propicia para el aprovechamiento racional de los suelos pobres de altura que cubren el 93% de la Amazonía.

¿Cuándo veremos que el Gobierno regional o una institución de investigación amazónica tomará la iniciativa de crear un banco genético de todos los cultivos y sus variedades seleccionados (desde los tubérculos hasta los frutales) por los pueblos indígenas amazónicos y que siguen propagándose en las chacras bosquesinas de hoy? ¿Cuándo los investigadores amazónicos empezarán a dedicarse a describir todas estas especies y sus variedades y a analizar sus valores gustativos y alimenticios? ¿Acaso no son estos recursos naturales domesticados, frutos de cientos de

años de trabajo de observación y selección y actualmente disponibles en las chacras bosquesinas, los que son el potencial de un desarrollo propiamente amazónico? Son un potencial, pero las élites profesionales y los políticos, hasta la fecha, prefieren ignorarlo. Ellos se despiertan recién cuando un cultivo, por la iniciativa de un industrial, ha conseguido mercado, como ocurrió con el “sacha-inchi” (*Plukenetia volubilis*), pero no son capaces de anticipar el mercado investigando este potencial y promoviéndolo.³

Vemos hoy en día a los “expertos” de nuestra sociedad predicando—¡incluso a los bosquesinos que siempre los han practicado!— la sostenibilidad y el manejo racional de los recursos naturales, cuando, por otro lado y al mismo tiempo, con su ideología mercantil y monetizada y su sistema educativo que la difunde, apuntan a destruir los manejos racionales, que siempre se han dado y que se siguen dando en gran extensión y que ignoran, en vez de inspirarse de ellos y valorizarlos. La alienación de las élites amazónicas a su propia realidad regional es tan grande que no perciben ni siquiera la contradicción en sus propósitos. Esta alienación —y no el “subdesarrollo” o la “pobreza”— es un gran drama, al que sólo una mayor toma de conciencia y mejor información objetiva (no sesgada por prejuicios dominantes) pueden remediar. Este artículo es parte del esfuerzo informativo necesario para combatir esta alienación y poner los pies en la tierra, en esta tierra amazónica, bosquesina.

En resumen, el *bosquesino* se distingue del “campesino” (que cultiva el campo abierto), por un lado, por no practicar la agricultura en campo abierto (del latín: *ager*), o sólo marginalmente en los barreales, sino una *horticultura* en forma de policultivo o cultivo mixto (Hames, 1983; Gasché, 2002, 2006) con patrones de siembra diferenciados, un tratamiento individual a cada planta sembrada y una fase de regeneración del bosque (secundario: “purma”) para fertilizar un suelo agotado, y, por otro lado, por utilizar el bosque y las purmas para el abastecimiento en alimentos, medicinas y materias primas para su vivienda y artesanía y el bosque y sus aguas para la obtención de la mayor parte de sus insumos proteínicos y gran parte de los vitamínicos.

En este tipo de prácticas y actividades hortícolas consisten los saberes y el saber-hacer bosquesinos. Nuestra visión de un desarrollo rural amazónico —que, en realidad, está en las manos de los bosquesinos, aunque en la ciudad “nosotros” lo podamos “imaginar”— debe entonces tomar estas prácticas, saberes y saber-hacer como punto de partida positivo

para concebir alternativas. Pues son estos saberes y saber-hacer los que hasta hoy han garantizado el aprovechamiento del bosque sin destrucción, es decir, de manera sostenible, mientras que todas las propuestas que emanen de la ciudad, de los “ingenieros” y sociólogos urbanos, nunca han dado la prueba ni de su sostenibilidad ecológica ni de su durabilidad social (de lo que testimonian las ruinas de proyectos que encontramos en un gran número de comunidades). En vez de destruir estas base de manejo y conocimientos positivos, que, ellos sí, han dado sus pruebas, hay que aprender a conocerlos e inspirarse de ellos para, eventualmente, aconsejar a los bosquesinos para diversificarlos, perfeccionarlos y promoverlos, revalorándolos en la enseñanza escolar y gracias a una mayor salida de los productos diversos al mercado con precios alentadores. Presentamos en el siguiente acápite la propuesta de un proyecto alternativo que pretende remediar a la situación que hemos criticado. Con esta propuesta queremos responder de antemano al reproche que se suele formular a los antropólogos y sociólogos, diciendo que ellos sólo saben criticar, mas nunca proponen alternativas concretas.

UN PROYECTO ALTERNATIVO DE VALORACIÓN DE LA HORTICULTURA BOSQUESINA

¿Cómo, entonces, remediar al gran vacío de conocimiento y de documentación respecto a la horticultura amazónica que afecta a los intelectuales, los políticos y los decididores amazónicos? Formularemos las tareas principales que quedan pendientes, después de lo previamente expuesto, y que investigadores amazónicos de varias disciplinas deberían asumir en el marco de un gran proyecto destinado a registrar, conservar, divulgar y enriquecer los *sistemas de cultivo bosquesinos*, con todo lo que ello implica de diversidades “étnicas”, especies y variedades de cultivo, patrones de siembra, adaptaciones a diversas condiciones edafológicas y socioculturales, etc. Este proyecto deberá ser financiado por organismos nacionales —Gobiernos Regionales, IIAP, CONCYTEC, etc.— por tratarse de la recuperación, conservación y proyección hacia el futuro de acervos culturales de este país, es decir, de un patrimonio amazónico y nacional del cual las regiones amazónicas y el Gobierno Central deben responsabilizarse y no organismos foráneos interesados en exportar y aprovechar la riqueza de la biodiversidad genética que los cultígenos amazónicos y sus variedades (los cultivares) representan. El proyecto, al mismo tiempo, tendrá la obligación de

3 El investigador pionero, peruano, Santiago Atunéz de Mayolo (1980), llamó la atención al valor nutritivo del “sacha-inchi” hace casi 30 años, pero nadie le hizo caso.

register la propiedad intelectual de los pueblos autóctonos de los que provienen las muestras recogidas, identificadas, registradas y conservadas en forma de genoplasma y en plantaciones experimentales.

Este proyecto implicará una serie de actividades y varias disciplinas científicas, que deberán complementarse dentro de una visión pluridisciplinaria unificada –socio-cultural y ecológica– de la problemática horticultural amazónica. Mencionamos, a título de sugerencias, las siguientes actividades:

- (1) Recolección en forma de muestra de herbario y en forma viva (para su propagación en la huerta experimental y para la conservación del germoplasma) de todas las variedades de cultivos, con nombres locales, descripción botánica, registro de sus usos e investigación de sus cualidades alimenticias, gustativas, medicinales y técnicas. En este rubro, las especies o variedades semicultivadas (ocasionalmente trasplantadas del bosque a una huerta o chacra) merecen especial atención, ya que permiten comprender los procesos de selección y domesticación.
- (2) Análisis genético para diferenciar variedades y trazar, eventualmente, su origen.
- (3) Estudio de los sistemas de cultivo, que son sistemas socioculturales fundados sobre un paisaje (territorio, bosque, ríos, cochas...) y sus recursos naturalmente disponibles y culturalmente accesibles. En este rubro, importa tomar en cuenta y distinguir el *terreno hortícola*, destinado a las chacras y al ciclo de regeneración de la fertilidad, y el *territorio*, dentro del cual se sitúa el terreno hortícola, pero que es mucho más amplio, puesto que asegura a los horticultores el acceso a los recursos forestales (materias primas) y proteínicos (caza y pesca).
- (4) En función de los diagnósticos alimenticios, gustativos, medicinales y técnicos, promoción en el mercado de los cultivos recogidos a fin de dar a los bosquenses nuevas posibilidades de venta. Se trata de comercializar diversidad, no cantidad.
- (5) Estudio de las condiciones y elaboración de propuestas para (re-)diversificar la horticultura con cultivos comercializables, sean éstos de origen nativo o foráneo, pero ecológica, técnica y socialmente adaptables al sistema hortícola local.
- (6) Registro en INDECOPI de las especies y variedades cultivadas y semicultivadas como propiedad intelectual de los pueblos que las han domesticado.

Las prácticas hortícolas en toda su diversidad deben documentarse con videos y fotografías.

Son parte de este estudio: el levantamiento topográfico de las chacras y purmas (con la caracterización de los suelos y la vegetación en pie) a fin de hacer un mapa ecológico del manejo de los recursos naturales; el inventario de los cultivos de las chacras (biodiversidad domesticada); definición del policultivo en cada chacra (asociaciones de cultivos); medición de los patrones y la densidad de siembra; los utensilios, los gestos, la organización y división del trabajo hortícola (y su relación con la vida social en el seno de toda la comunidad);⁴ las plagas y los factores que las propagan, respuestas que las inhiben; las fases de regeneración de la fertilidad (caracterización pedológica, botánica y faunística) y los ritmos de rotación de las chacras (con evaluación de los niveles de fertilidad alcanzados por la regeneración); cultivos (y especies silvestres) recientemente introducidos en chacras o huertas y las modalidades de su transferencia, adopción, adaptación y difusión.

- (7) Estudio de las condiciones y elaboración de propuestas para (re-)diversificar la horticultura con cultivos comercializables, sean éstos de origen nativo o foráneo, pero ecológica, técnica y socialmente adaptables al sistema hortícola local.
- (8) Registro en INDECOPI de las especies y variedades cultivadas y semicultivadas como propiedad intelectual de los pueblos que las han domesticado.

El proyecto propuesto deberá abarcar el mayor número posible de áreas o cuencas de la Amazonía peruana, que se deberán seleccionar en función de la historia étnica, ya que ella es la portadora de las tradiciones hortícolas (y con eso, de la diversidad), las que se mantienen aun cuando, por ejemplo, un pueblo haya perdido su lengua. Las técnicas se transmiten mayormente por imitación gestual y no verbalmente (o sólo de manera accesoria).

Para que toda la documentación y todos los conocimientos recabados sean comparables y se resuercen mutuamente en una comprensión global de

4 En la investigación de estos aspectos, el IIAP tiene experiencia de varios años, aunque en ámbitos locales limitados. Esta experiencia está atestiguada en un banco de datos que contiene el conjunto de las observaciones y mediciones efectuadas en las comunidades estudiadas.

la realidad hortícola amazónica, es necesario que las investigaciones sigan el mismo modelo y método en todas las zonas.

Además –y eso es un punto crucial– el proyecto debe ser concebido de tal forma que los comuneros de todas las zonas, incluyendo las escuelas, los maestros y los alumnos, sean los actores principales, que dan a conocer a la sociedad urbana y a la Nación su manera de manejar sosteniblemente los recursos hortícolas de la selva, asegurándose al mismo tiempo la propiedad intelectual de su acervo cultural. Fomentado y subvencionado por el Estado, este proyecto significará para los bosquesinos el reconocimiento y la valoración “oficiales” de los saberes y el saber-hacer bosquesinos. La participación de las escuelas revalorará el trabajo de la chacra, tanto del lado femenino como del lado masculino, por sus calidades conservadoras (“sostenibles”) intrínsecas y por las nuevas posibilidades de diversificación y de comercialización, a fin de animar a los jóvenes de promover el “progreso” en su comunidad y no buscarlo en la ciudad. En este sentido, se deberá prever en el currículo escolar regional, como tema recurrente, la *horticultura bosquesina y la evaluación de sus ventajas ecológicas, “sostenibles”*, cuyo trato dará lugar a la participación de las escuelas en las observaciones, explicaciones, interpretaciones y prácticas iniciadas y animadas por el proyecto. Por sus propuestas, prácticas y discursos explicativos y motivadores, vinculados a capacitaciones específicas en experimentación, observación e interpretación de fenómenos ecológicos, técnicos y socioculturales, el proyecto significa un aporte considerable a la formación de una nueva generación de bosquesinos que será consciente y orgullosa del valor de sus tradiciones horticulturales para la conservación de los recursos naturales y ecosistemas amazónicos porque ha comprendido sus ventajas ecológicas y sabe enriquecer o (re-)diversificar sus sistemas hortícolas en vista de nuevas y mayores oportunidades comerciales.

Es evidente que este proyecto no es un asunto sectorial, sino que significa un compromiso político del más alto nivel con un proceso de revaloración de la sociedad bosquesina y de sus bases existenciales –naturales, técnicas, socioculturales– que hasta la fecha no han sido reconocidas como dignas de consideración y relegadas al oprobio del “subdesarrollo” y “atraso”. Ahora que la “sostenibilidad” es una palabra de moda, además de ser una preocupación mundial, es el momento de revisar nuestros prejuicios y revalorar el tipo de sociedad que siempre la ha practicado. De esta manera, se hará justicia al componente social más concretamente arraigado en las tierras y bosques amazónicos: el bosquesino, un pilar fundamental de la

“identidad amazónica”, pero hasta ahora menospreciado, ignorado e incomprendido.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco los comentarios críticos y sugerencias del colega Dr. Juan Álvaro Echeverri de la Universidad Nacional de Colombia y del Dr. Dennos del Castillo del IIAP que me han permitido mejorar significativamente este artículo. Sin embargo, la forma final y todos los defectos que puedan subsistir son de responsabilidad del autor.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Antunez de Mayolo, S. E. 1980. *Amui-o, sacha yuchiqui, sacha yuchi, maní del monte, maní silvestre o sacha inchic*. Folleto maquinografiado. Lima, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Programa de Arqueología. 9pp.
- Andrade, A. 1993. Sistemas agrícolas tradicionales en el medio río Caquetá. In: Correa, F. (ed.). *La selva humanizada. Ecología alternativa en el trópico húmedo colombiano*. Bogotá, Instituto Colombiano de Antropología, FEN, CEREC. p. 63-85.
- Balée, W.; Gely, A. 1989. Managed forest succession in Amazonia: the Ka'apor case. In: Posey, D. A.; Balée, W. (eds.). *Resource management in Amazonia: Indigenous and folk strategies*. New York, The New York Botanical Garden. p. 129-158.
- Boom, B. M. 1989. Use of plant resources by the Chacobo. En: Posey, D. A.; Balée, W. (eds.). *Resource management in Amazonia: Indigenous and folk strategies*. New York, The New York Botanical Garden. p. 78-96.
- Boster, J. 1983. A comparison of the diversity of Jivaroan gardens with that of tropical forest. *Human Ecology*. 11(1). 47-68.
- Casanova, J. 1976. El sistema de cultivo secoya. In: Centlivres, P.; Gasché, J.; Lourteig, A. (eds.). *Culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest*. *Bulletin de la Société Suisse d'Ethnologie*, Genève. No. spécial. 129-141.
- Cerón S. B. 1991. *El manejo indígena de la selva pluvial tropical. Orientaciones para un desarrollo sostenido*. Quito, Abya-Yala y Movimientos Laicos para América Latina. 256pp.
- Clay, J.W. 1988. Indigenous peoples and tropical forest. Model of land use and management from Latin America. In: *Cultural Survival Report* 27. Cambridge, Cultural Survival Inc.

- Denevan, W.M. 1971. "Campa subsistence in the Gran Pajonal, Eastern Peru." *The Geographical Review*, 61: 496-518.
- Denevan, W. et al. 1984. "Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora Indian management of swidden fallows." *Interciencia*, 9 (6): 346-357.
- Denevan, W.; Padoch, Ch. 1988. "Swidden-fallow agroforestry in the Peruvian Amazon." *Advances in Economic Botany*. New York, The New York Botanical Garden. Vol. 5. 107pp.
- Denevan, W.; Padoch, Ch. 1990. *Agroforestería tradicional en la Amazonía peruana*. Lima, Centro de Investigación y Promoción Amazónica. 238pp.
- Descola, Ph. 1989. *La selva culta. Simbologismo y praxis en la ecología de los Achuar*. Quito, Abya Yala. 468pp.
- Echeverri, J. A. 2008. ¿De chagrera a secretaria? Balance de algunas acciones en etnoeducación en el Amazonas colombiano. In: Bertely, M.; Gasché, J.; Podesta, R. (eds): *Educando en la diversidad*. Quito, Abya Yala, IIAP, CIESAS. p.135-166
- Eden, M.J. 1988. Crop diversity in tropical swidden cultivation: data from Colombia and New Guinea. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Amsterdam, Elsevier. 20. p.127-136.
- Eden, M.J.; Andrade, A. 1987. "Ecological aspects of swidden cultivation among the Andoke and Witoto Indians of the Colombian Amazon. *Human Ecology*, 15(3): 339-359.
- Frikel P. 1959. Agricultura dos índios Mundurucú. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Belém. Antropología No 4. 35pp.
- Gasché, J. 1976. "Le système cultural witoto." En: Centlivres, P.; Gasché, J.; Lourteig, A.: *Culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest. Bulletin de la Société Suisse d'Ethnologie*, Genève, No. spécial. p. 111-128.
- Gasché, J. 2002. Biodiversidad domesticada y manejo hortico-forestal en pueblos indígenas de la Amazonía. *Revista agroforestal de las Américas* Turrialba, 8(32):28-34.
- Gasché, J. 2006. La horticultura indígena amazónica. *Ciencias*, 81:50-57.
- Gasché, J. 2007. ¿Para qué sirve el concepto de 'sociedad bosquesina'? *Folia Amazónica*, 16(1-2):81-88.
- Geertz, C. 1968. *Agricultural involution: the process of ecological change in Indonesia*. Berkeley, University of California Press. 176pp.
- Griffiths, Th. 2001. Finding one's body: relationship between cosmology and work in North-West Amazonia. *Beyond the visible and the material*. Oxford, University of Oxford Press. p. 247-261.
- Hames, R. 1983. Monoculture, polyculture, and polyvariety in tropical forest swidden cultivation. *Human Ecology*, 11(1):13-33.
- Harris, D.R. 1971. "The ecology of swidden cultivation in the Upper Orinoco rain forest, Venezuela." *The Geographical Review*, 61:475-495.
- Hecht, S. B.; Posey, D. A. 1989. Preliminary results of soil management techniques of the Kayapó Indians. In: Posey D.A.; Balée W. (ed.): *Resource management in Amazonia: Indigenous and folk strategies*. New York, The New York Botanical Garden. p. 174-188.
- Hödl, W.; Gasché, J. 1981. Die Secoya Indianer und deren Landbaumethoden (Rio Yubineto, Peru). *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin*, N.F. Bd. 20 (21). 73-96.
- Johnson, A. 1983. Machiguenga gardens. In: Hames, R.B.; Vickers, W.T. (eds.) *Adaptive responses of native Amazonians*. New York, London, Academic Press. p. 29-63.
- Salick, J. 1989. Ecological bases of Amuesha agriculture, Peruvian Upper Amazon. In: Posey D.A.; Balée, W. (ed.). *Resource management in Amazonia: Indigenous and folk strategies*. New York, The New York Botanical Garden. p. 189-212.
- Sastre, C. 1975. La végétation du haut et moyen Igaraparaná et les modifications apportées par les cultures sur brûlis. In: Centlivres, P.; Gasché, J.; Lourteig, A. (eds.) *Culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest. Bulletin de la Société Suisse d'Ethnologie*, no. spécial, Genève. p. 31-44.
- Stocks, A. 1983. Candoshi and Cocamilla Swiddens in Eastern Peru. *Human Ecology*, 11(1):69-83.
- Van Der Hammen, M. C. 1992. *El manejo del mundo. Naturaleza y sociedad entre los Yukuna de la Amazonía colombiana*. [Bogotá], Tropenbos. 377pp.
- Vickers, W. 1983. Tropical forest mimicry in swiddens: a reassessment of Geertz's model with Amazonian data. *Human Ecology*, 11(1):35-45.
- Vickers, W. 1989. *Los Sionas y Secoyas. Su adaptación al ambiente amazónico*. Quito. Abya Yala. 374pp.

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LOS MORFOTIPOS DE AGUAJE *Mauritia flexuosa* L. F. (ARECACEAE) Y ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE TRES POBLACIONES NATURALES EN LA AMAZÓNIA PERUANA

Frank ASPAJO¹, Ángel RODRÍGUEZ¹, Mike CORAZÓN-GUIVIN¹, Luis Freitas², Dennis DEL-CASTILLO², Diana CASTRO², Mildred GARCÍA⁴, Jean-François RENNO³, Carmen GARCÍA-DÁVILA²

1 Becario pregrado. IIAP-INCAGRO-LBGM. Iquitos, Perú.

2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM). Apartado 784. Iquitos, Perú. cdavila19@yahoo.com

3 Institut de Recherche pour le Développement-IRD. Montpellier, France.

4 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-UNAP.

RESUMEN

La variabilidad genética del aguaje *Mauritia flexuosa* L. f. fue evaluada según los morfotipos del fruto (amarillo, color y shambo); y del árbol (normal, enano y dístico); así como entre tres poblaciones naturales del aguaje amarillo de las localidades de Aucayo, Jenaro Herrera y Parinari en la Amazonía peruana; usando el marcador molecular DALP (Amplificación Directa de Polimorfismo de Longitud). Los resultados del análisis factorial de correspondencia (AFC) no muestran diferenciaciones genéticas entre los morfotipos del fruto, lo que es corroborado por los bajos promedios del índice de fijación ($F_{st} = 0.04$) y de la distancia genética ($D = 0.008$). Asimismo, los resultados de AFC entre los morfotipos del tronco, no muestran diferenciación clara entre ellos. Pero, los promedios de índice de fijación ($F_{st} = 0.23$) y distancia genética ($D = 0.27$) indican una mayor diferenciación genética que la encontrada entre los morfotipos del fruto. Estos resultados obtenidos al nivel de nuestros análisis podrían indicar que estos morfotipos son únicamente variaciones fenotípicas que no son marcadas en el genotipo. Los resultados de los análisis genéticos poblacionales (promedios $F_{st} = 0.45$ y distancia genética = 0.68 y AFC) mostraron que las tres poblaciones de aguaje se encuentran bien diferenciadas, pudiendo esto ser atribuido a las grandes distancias geográficas que combinadas a la existencia de ríos entre las poblaciones podrían estar actuando como barreras naturales que restringen el flujo de genes entre ellas.

PALABRAS CLAVE: *Mauritia flexuosa* L. f., DALP, caracterización molecular, morfotipos, variabilidad genética poblacional.

GENETIC CHARACTERIZATION OF THE OF AGUAJE *Mauritia flexuosa* L. F. (ARECACEAE), MORPHOTYPES, AND ANALYSIS OF GENETIC VARIATION OF THREE NATURAL POPULATIONS IN THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

The genetic variability of aguaje *Mauritia flexuosa* L. f. morphotypes was evaluated according to fruit (yellow, color and Shambo) and tree (normal, dwarf and couplet), and three natural populations of yellow aguaje (Aucayo, Jenaro Herrera and Parinari locations) in the Peruvian Amazon, using DALP molecular marker (Direct Amplification of Length Polymorphism). The results of correspondence factor analysis (AFC) show no genetic differentiation between morphotypes of the fruit, which is corroborated by the low average fixation index (average $F_{st} = 0.04$) and genetic distance (average $D = 0.008$). Similarly, the results of AFC between the morphotypes of the trunk, show no clear differentiation between them. But the average fixation index (average $F_{st} = 0.23$) and genetic distance (average $D = 0.27$) indicate greater genetic differentiation found among morphotypes of the fruit. These results obtained at the level of our analysis may indicate that these morphotypes are only phenotypic variations that are not marked on the genotype. The results of population genetic analysis (average $F_{st} = 0.45$ and genetic distance = 0.68, and AFC) showed that the three populations the aguaje are well differentiated, this can be attributed to the large geographical distances combined with the existence of rivers among populations could be acting as natural barriers restricting gene flow between them..

KEYWORDS: *Mauritia flexuosa* L. f., DALP, molecular characterization, morphotypes, population genetic variability.

INTRODUCCIÓN

El aguaje *Mauritia flexuosa* L. f. (Linneo, 1781) es una palmera considerada promisoria para el desarrollo sostenido de la Amazonía peruana debido a que posee un elevado potencial económico en los mercados nutracéutico, farmacéutico y alimenticio. También cumple una importante función ecológica y provee servicios ambientales al mitigar el cambio climático secuestrando altos niveles de carbono y proveer alimento a muchas especies de animales en bosques primarios (Kalliola, 1993; INRENA 2000; PRONATURALEZA, 2005; del Castillo *et al.*, 2006; Delgado *et al.*, 2007). Sin embargo, a pesar de poseer estas cualidades, este recurso no está siendo aprovechado de forma sostenible. La sobreexplotación (consumo en Iquitos de aproximadamente 20 t fruto/día) y la tala del árbol para colectar sus frutos está ocasionando el declinio de sus poblaciones naturales que podrían inducir problemas de erosión genética, además de un fuerte impacto en la economía de los pobladores que usan este recurso como fuente de ingresos (Bejarano & Piana, 2002; PRONATURALEZA, 2005).

Existe una necesidad de producir información relevante sobre esta especie, que pueda servir de base la para formulación de planes de uso sostenido. Hasta el momento la literatura reporta estudios sobre su biología, ecología y agroforestería (Balick, 1979; Storti, 1993; De Paula, 2001; Bejarano & Piana, 2002; PRONATURALEZA, 2005; del Castillo *et al.*, 2006; Delgado *et al.*, 2007); existiendo escasos estudios moleculares referidos principalmente a establecer las relaciones filogenéticas del aguaje dentro de la familia Arecaceae (Pintaud *et al.*, 2007) y a la búsqueda de marcadores relacionados al sexo (Rengifo, 2008).

En este sentido, el presente trabajo pretende generar información sobre la caracterización molecular de los morfotipos del fruto (color, amarillo y shambo) y del árbol (enano normal y dístico) del aguaje; así como también sobre la variabilidad genética entre tres poblaciones naturales del aguaje amarillo. Evaluados mediante marcadores moleculares DALP (Amplificación Directa de Polimorfismo de Longitud) que generan información sobre la variabilidad global del genoma.

MATERIALES Y MÉTODOS

COLECTA DE MATERIAL BIOLÓGICO

Se colectaron un total de 89 muestras de tejido foliar de plantas de aguaje, 30 de las cuales fueron utilizadas para el estudio de caracterización molecular de los morfotipos amarillo, color y shambo; y 29 muestras en la caracterización genética de los morfotipos del árbol (normal, enano y dístico). Las 30

restantes, procedentes de tres poblaciones naturales: Parinari (río Marañón, UTM 9490154, 18M 556280), Aucayo (río Amazonas, UTM 9574726, 18M 707998) y Jenaro Herrera (río Ucayali, UTM 9457318, 18M 647688), fueron utilizadas en el estudio de la variabilidad genética poblacional de aguaje amarillo (Figura 1).

EXTRACCIÓN Y AMPLIFICACIÓN DEL ADN GENÓMICO

El ADN genómico fue obtenido a partir de 100 mg de tejido foliar mediante el protocolo de extracción CTAB (Doyle & Doyle, 1987). Para la amplificación del ADN vía DALP-PCR, se utilizaron ocho marcadores, formados a partir de combinaciones de un primer reverso (fijo) con cada uno de los ocho primers selectivos (Tabla 1). Las reacciones de amplificación se prepararon en volúmenes finales de 25 μ l, conteniendo 2 μ l ADN molde (100 ng/ μ l), 0,375 μ l Taq polimerasa (5 U/ μ l), 5 μ l Buffer (5X), 0,75 μ l dNTPs (10 mM), 3,1 μ l MgCl₂ (25 mM), 2 μ l de cada primer (10 mM) y agua ultrapura. Las condiciones de temperatura del PCR fueron: denaturación inicial de 95 °C x 1 min., seguidos de 29 ciclos consistentes de denaturación a 95 °C x 30 seg., hibridación [51 °C (DALP06) y 45.7 °C (DALP07)] x 30 seg., extensión a 72 °C x 30 seg. La amplificación fue verificada inicialmente en geles de agarosa 2% teñidos con bromuro de etidio (1 l/ 50 ml de gel), y el análisis de la variabilidad genética se realizó sobre la base de los padrones de bandas observadas en geles de poliacrilamida 6% teñidos mediante el método Rabat (Sambrook & Russell, 1991).

ANÁLISIS DE DATOS

El polimorfismo entre las muestras fue analizado mediante la observación de la presencia o ausencia de las bandas entre los individuos. A partir del cual se realizó una matriz binaria en base a la presencia (1) y ausencia (0) de las bandas diferenciales (polimórficas). El genotipo para cada uno de los individuos fue establecido a partir de la combinación de los perfiles de bandas generadas por cada uno de los primers DALP. Las diferencias genéticas fueron establecidas mediante el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), el índice de fijación F_{st} de Weir & Cockerham (1984). La distancia genética (D) fue calculada mediante la fórmula D = - LN (1 - F_{st}) de Reynolds *et al.* (1983). Estos análisis fueron realizados con ayuda del software GENETIX versión 4.05 (Belkhir *et al.*, 2004), los árboles genéticos utilizados para establecer las relaciones entre los morfotipos y entre las poblaciones dentro del morfotipo amarillo fueron generados con el software PHYLIP versión 3.5 (Felsenstein, 1993) y visualizados con el software TREVIEW (Page, 1996).



Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de las poblaciones naturales de aguaje *Mauritia flexuosa* estudiados en la Amazonía peruana: Aucayo (río Amazonas), Jenaro Herrera (río Ucayali) y Parinari (río Marañón).

Tabla 1. Marcadores DALP (Desmarais, *et al.*, 1998) utilizados en el análisis de los morfotipos y poblaciones de aguaje *Mauritia flexuosa*.

TIPO DE PRIMERS	PRIMERS	SECUENCIA
Primer reverso	DALP R	TTTCACACAGGAAACAGCTATGAC
Primers selectivos	DALP 221	GTTTCCCAGTCACGACGC
	DALP 231	GTTTCCCAGTCACGACAGC
	DALP 232	GTTTCCCAGTCACGACGAC
	DALP 233	GTTTCCCAGTCACGACACG
	DALP 234	GTTTCCCAGTCACGACCAG
	DALP 235	GTTTCCCAGTCACGACCCAC
	DALP 241	GTTTCCCAGTCACGACTCAG
	DALP 242	GTTTCCCAGTCACGACCTAG

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN GENOTÍPICA DE LOS MORFOTIPOS

De los ocho marcadores DALP utilizados para el estudio de morfotipos, sólo dos (DALP06 y DALP07) resultaron informativos. En el caso de morfotipos del fruto, encontramos elevados niveles de polimorfismo (variación genética) entre los individuos, que fue independiente de las variaciones observadas en el color del fruto. Los resultados obtenidos con el análisis Factorial de Correspondencia (AFC) muestran una fuerte sobreposición entre estos morfotipos (Figura 2), lo que es corroborado por los promedios de F_{st} (0.04) y distancia ($D = 0.008$) entre los morfotipos (Tabla 2A). Los resultados de AFC (Figura 3) no mostraron una estructuración genética clara entre los morfotipos del tronco (dístico, normal y enano). Pero los promedios del índice de fijación ($F_{st} = 0.23$) y distancia genética ($D = 0.27$), muestran una mayor diferenciación genética entre los morfotipos del tronco, que lo encontrado entre los morfotipos del fruto. El morfotipo dístico presentó una mayor diferenciación genética con los morfotipos normal y enano (Tabla 2B); en tanto que estos dos últimos presentan una diferenciación genética mucho menor

cuando son comparados entre sí ($F_{st} = 0.13$, $D = 0.14$). La ausencia de diferencia genética observada entre los morfotipos se podría explicar por la segregación genética de los caracteres dentro de un mismo genoma. En consecuencia son variaciones fenotípicas que no son marcadas en el genotipo al nivel de nuestros análisis. Otra hipótesis sería que un mismo genotipo se expresa de manera diferente a varias condiciones edáficas, topológicas o bióticas (plasticidad fenotípica).

La alta variabilidad genotípica entre individuos dentro de una misma población (por ejemplo la población de Aucayo, de donde provienen las muestras de los morfotipos del fruto) es mantenida por el complejo sistema de reproducción sexual de esta especie (polígamico, dioico o polígamico dioico), el cual facilita la recombinación genética: (Cavalcante, 1991). Además la acción del viento (Raven *et al.*, 1996) y de los insectos en la dispersión del polen; combinada a la dispersión de las semillas por los ungulados, roedores, monos, aves, quelonios y peces (Hiraoka, 1999); va facilitar la reproducción entre individuos genéticamente diferentes, promoviendo la variabilidad intrapoblacional y atenuando la variabilidad entre poblaciones vecinas.

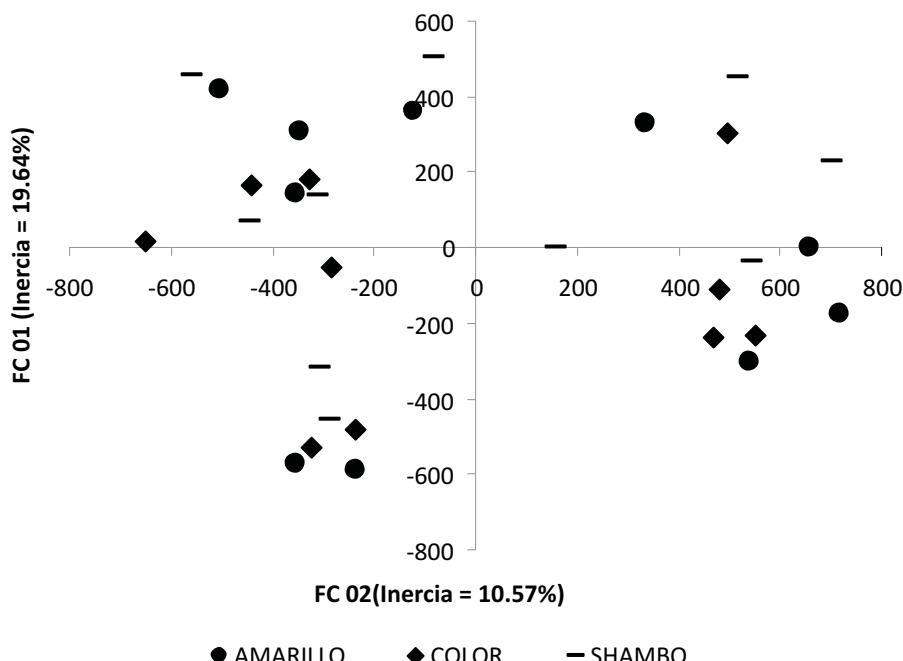


Figura 2. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), inferidos en función a los genotipos encontrados para los tres morfotipos del fruto de aguaje *Mauritia flexuosa*. Los puntos están distribuidos sobre un plano factorial bidimensional.

Tabla 2. Estimación de los Índices de Fijación (F_{st}) y Distancias genéticas (D) para los diferentes morfotipos de *Mauritia flexuosa*: A) morfotipos del fruto, B) morfotipos del tronco.

MORFOTIPOS	F_{st}	D
(A) Morfotipos del Fruto		
Amarillo - Color	0.00000	0.00000
Amarillo - Shambo	0.00782	0.00795
Color - Shambo	0.00000	0.00000
Promedio	0.00261	0.00265
(B) Morfotipos del árbol Morfotipos		
Enano - Normal	0.13102	0.14044
Enano - Dístico	0.24205	0.27714
Normal - Dístico	0.32520	0.39333
Promedio	0.23276	0.27030

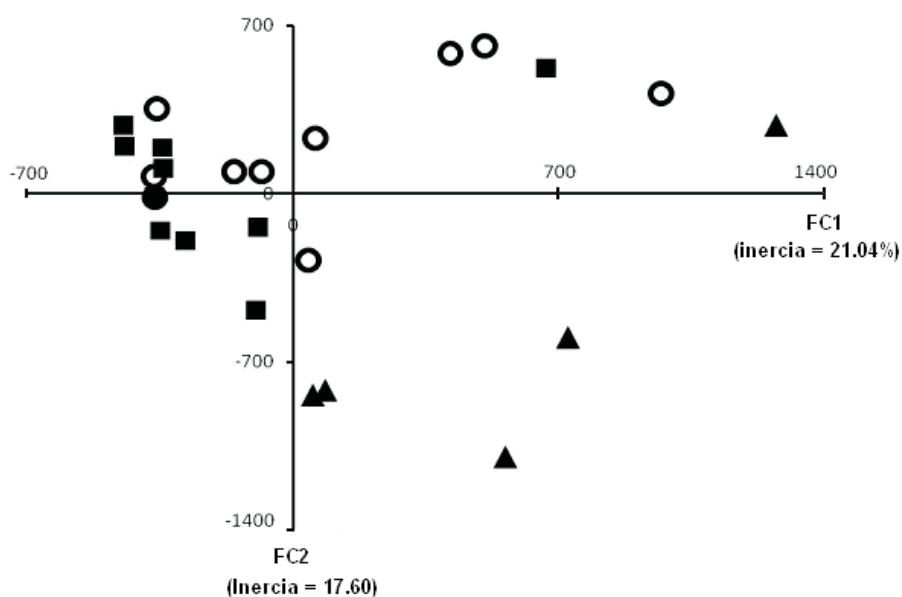


Figura 3. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), inferidos en función a los genotipos encontrados para los tres morfotipos del árbol de aguaje *Mauritia flexuosa*. Los puntos están distribuidos sobre un plano factorial bidimensional.

RELACIONES FILOGEOGRÁFICAS ENTRE LAS POBLACIONES

El análisis filogeográfico entre las tres poblaciones naturales de aguaje amarillo evaluados mediante el marcador molecular DALP06 muestran elevados niveles de variabilidad genética dentro y entre las poblaciones. En total se encontraron 25 genotipos diferentes. Asimismo, los resultados obtenidos en el AFC (Figura 4) y el dendrograma UPGMA (Figura 5), muestran tres poblaciones bien estructuradas sin sobreposición entre ellas. Esto es reforzado por la ausencia de genotipos compartidos entre las poblaciones, y puede ser explicado por las grandes distancias geográficas y la existencia de los ríos que estarían actuando como barreras naturales, restringiendo el flujo de genes entre las poblaciones. Los resultados además indican que la población de Aucayo presenta una mayor distancia genética respecto a las otras poblaciones (Aucayo - J. Herrera = 0.66130, Aucayo - Parinari = 1.13434) y que las

poblaciones de Jenaro Herrera y Parinari son las más cercanas genética (distancia = 0.21052) y geográficamente (98.37 km). Estas observaciones son corroboradas también por los resultados de F_{st} (Tabla 3), donde se observa que las poblaciones de Jenaro Herrera y Parinari presentan el índice de fijación más bajo ($F_{st} = 0.20962$).

Estos altos niveles de variabilidad genética encontrados dentro de las poblaciones, eran los esperados tratándose de poblaciones naturales de una especie que posee una diversidad de estrategias reproductivas (polígamo, dioico o polígamo dioico y xenógamo) y una amplia gama de agentes polinizadores y dispersores de semillas que contribuyen al mantenimiento de la diversidad genética, disminuyendo las posibilidades de erosión genética dentro de las poblaciones (Cavalcante, 1991; Storti, 1993; Raven *et al.*, 1996; Goulding, 1989; Hiraoka, 1999).

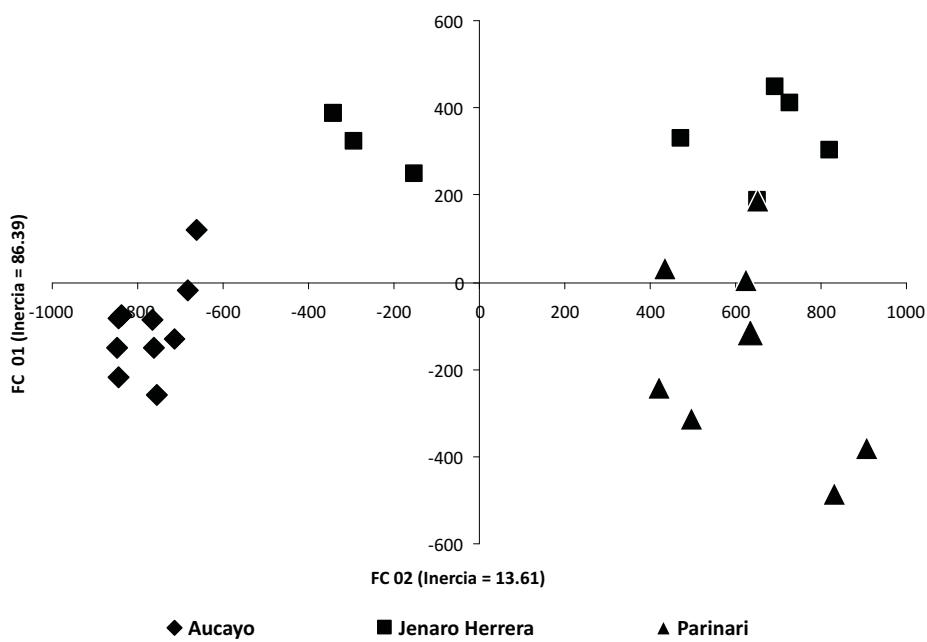


Figura 4. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), inferidos en función a los genotipos encontrados para las tres poblaciones naturales de aguaje *Mauritia flexuosa* estudiadas en la Amazonía peruana. Los puntos están distribuidos sobre un plano factorial bidimensional.

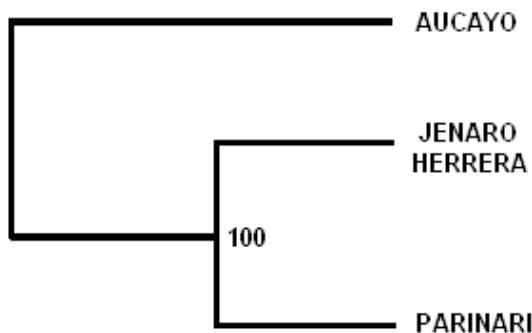


Figura 5. Dendrograma de similitud (UPGMA) generado con la distancia genética de Reynolds *et al.* (1983) para las tres poblaciones naturales de aguaje *Mauritia flexuosa* estudiadas en la Amazonía peruana. Los números en los nudos de las ramas representan valores de Bootstrap para 1000 repeticiones.

Tabla 3. Estimación de los índices de fijación (F_{st}), distancia genética y distancia geográfica entre las tres poblaciones naturales de aguaje *Mauritia flexuosa* estudiadas en la Amazonía peruana.

POBLACIONES	F_{st}	DISTANCIA GENÉTICA (Reynolds <i>et al.</i> , 1983)	DISTANCIA GEOGRÁFICA (Km)
Aucayo - J. Herrera	0.48	0,6613***	131,49
Aucayo - Parinari	0.68	1,1343***	174,94
J. Herrera - Parinari	0,21	0,2343***	98,37

*** Significativo a $P < 0.001$ (0.1%)

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Mejoramiento genético, caracterización molecular, y tecnologías de alto valor agregado del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en la Amazonía peruana”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Balick, M.J. 1979. Amazonian oil palms of promise: a survey. The New York. The Botanical Garden. *Economic Botany*, 33(1):11–28.
- Bejarano, P.; Piana, R. 2002. Plan de manejo de los agujales aledaños al caño Parinari. Iquitos, Perú, 44pp.
- Belkhir, K.; Bursc, P.; Chichi, I.; Raufast, N.; Burhomme, F. 2004. Genetix 4.05.2. Logiciel sous windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire genome, populations, interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Cavalcante, P. 1991. Frutas comestíveis da Amazônia. Quinta edição. Belem: Museu Paraense Emílio Goeldi, Brasil. 279pp.
- De Paula, F.N.M. 2001. *Estratégias de produção de sementes estabelecimento de plântulas de Mauritia flexuosa L. f. (Arecaceae) no Vale do Acre, Brasil.* Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. 203pp.
- Del Castillo, D.; Freitas, L.; Otárola, E. 2006. Aguaje, la maravillosa palmera de la Amazonía peruana. Wust Ediciones, Iquitos, Perú. 52pp.
- Delgado, C.; Couturier, G.; Mejía, K. 2007. *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. *Fruits*, 62(3):1–12.
- Desmarais, E.; Laneluc, I.; Lagnel, J. 1998. Direct amplification of length polymorphisms (DALP) or how to get and characterize new genetic markers in many species. *Nucleic Acids Research*, 26(6):1458–65.
- Doyle, J.J.; Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical*, 19:11–5. Felsenstein, J. 1993. Phylogeny Inference Package (PHYLIP). Version 3.5. University of Washington, Seattle. Washington, 132pp.
- Hiraoka, M. 1999. Miriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) Palms and their uses and management among the ribeirinhos of the Amazon Estuary. In: Padoch, C.; Ayres J. M.; Pinedo–Vásquez, M.; Henderson, A. (ed). Varzea, diversity, development, and conservation of amazonas with the water floodplains. The New York Botanical Garden, 407pp.
- Inrena, 2000. Plan Maestro para la Conservación de la Diversidad Biológica y el Desarrollo Sostenible de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y su Zona de Amortiguamiento. Ministerio de Agricultura. Loreto – Perú, 153pp.
- Kalliola, R. 1993. Amazonía Peruana, vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía, Universidad de Turku, Turku, Finlandia, 265pp.
- Page R.D.M. TreeView, 1996. Tree drawing software for Apple Macintosh and Microsoft Windows. Division of Environmental and Evolutionary Biology, Institute of Biomedical and Life Sciences, University of Glasgow. Glasgow, Scotland, UK.
- Pintaud, J–C.; Couvreur, T.L.P.; Hahn, W.J.; De Granville, J–J.; Pham, J–L.; Ludeña B. 2007. Phylogenetic Relationships of the Cultivated Neotropical Palm *Bactris gasipaes* (Arecaceae) with its Wild Relatives Inferred from Chloroplast and Nuclear DNA Polymorphisms. *Systematic Botany*, 32(3):519–30.
- Pronaturaleza. 2005. Plan de Manejo Forestal *Mauritia flexuosa* L. f. “aguaje” Reserva Nacional Pacaya Samiria. Informe Técnico. Loreto, Perú. 52 pp.
- Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. 1996. *Biología vegetal*. Quinta edição. Guanabara Koogans, Rio de Janeiro, 728pp.
- Rengifo, D. 2008. *Marcadores RAPD ligados al sexo de Mauritia flexuosa L. f. aguaje (Arecaceae) en el distrito de San Juan Bautista*, Tesis de pre-grado, Universidad nacional de la Amazonía Peruana, Loreto, Perú. 78pp.
- Reynolds, J.; Weir, B.S.; Cockerham, C.C. 1983. Estimation of the coancestry coefficient: basis for a short-term genetic distance. *Genetics*, 105:767–79.
- Sambrook, J.; Russell, D. 1991. *Molecular Cloning: A laboratory Manual*, 3rd ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Storti, E. 1993. Biología floral de *Mauritia flexuosa* L. f. na região de Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta amazônica*, 23(4): 371–81.
- Weir BS, Cockerham CC. 1984. Estimating F–statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38:1358–70.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN POBLACIONES NATURALES DE SACHA INCHI *Plukenetia volubilis* L. (EUPHORBIACEAE) EN EL DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN (PERÚ)

Mike CORAZON-GUIVIN¹, Ángel RODRÍGUEZ¹, Danter CACHIQUIE², Werner CHOTA,² Guillermo VÁSQUEZ⁴, Dennis DEL-CASTILLO², Jean-François RENNO³, Carmen GARCÍA-DÁVILA²

1 Becado de Pre-grado IIAP-INCAGRO. Iquitos, Perú. E-mail: mikecorazon10@gmail.com

2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Apartado 784. Iquitos, Perú. E-mail: cdavila19@yahoo.com

3 Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Montpellier, France.

4 Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de San Martín (UNSM) - Morales, San Martín.

RESUMEN

La diversidad genética poblacional de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. fue estimado mediante la técnica DALP (Amplificación Directa de Polimorfismo de Longitud), en cuatro localidades deL departamento de San Martín. Para lo cual, un total de 83 muestras fueron colectadas en las localidades de Habana (21), Shica (20), Cerro Alto (21) y Tununtunumba (21). El estudio fue basado en el análisis de ocho marcadores DALP; de los cuales, tres (DALP221, DALP233 y DALP242) resultaron ser informativos para esta especie, mostrando diferencias a nivel intra e interpoblacional. Los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), Índice de fijación (promedio de $F_{st} = 0.83$) y distancia genética (promedio de $D = 2.56$) muestran que las cuatro poblaciones estudiadas forman entidades genéticas independientes. Esto, podría ser atribuido al sistema mixto de polinización (autógamo y alógamo) presente en esta especie, que estaría actuando preferentemente dentro de cada población y no entre las poblaciones. A nivel intrapoblacional, la población Shica presento la mayor diversidad genética (15 genotipos) entre las cuatro poblaciones estudiadas, lo cual estaría relacionado con el mayor tamaño y densidad poblacional, que favorecería la polinización cruzada, trayendo como consecuencia una mayor diversidad genética. La alta divergencia (diferenciación) genética encontrada entre las cuatro poblaciones evaluadas, podría ser causada por la ausencia de insectos polinizadores directos, así como por la presencia de barreras naturales y por la distancia geográfica entre ellas, que estaría restringiendo el flujo de genes entre las poblaciones.

PALABRAS CLAVE: *Plukenetia volubilis*, sacha inchi, diversidad genética, poblaciones, DALP.

GENETIC VARIABILITY IN NATURAL POPULATIONS OF SACHA INCHI *Plukenetia volubilis* L. (EUPHORBIACEAE) IN THE REGIÓN SAN MARTÍN (PERU)

ABSTRACT

The population genetic variability in sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. was analyzed in four localities of the San Martin region. A total of 83 samples collected in the localities of Havana (21), Shica (20), Cerro Alto (21) and Tununtunumba (21) was analyzed with the technique DALP “Direct Amplification of Length of Polymorphism”. From eight DALP markers used, three turned out to be informative (DALP221, DALP233 y DALP242), showing differences at intra and inter-population level. The results of the AFC, index of fixation (average of $F_{st} = 0.82$) and genetic distance (average of $D = 2.56$) show that the four populations form independent genetic entities. This could be attributed to the mixed pollinization system (autogamy and allogamy) present in this species. That would be acting preferably only among the individuals of each population, but not among different populations. At intrapopulation level, the population of Shica has the greatest genetic diversity (15 genotypes) of the four studied populations, which would be related to the great size and population density. This would favor the crossing-pollinization, having as a consequence a greater genetic diversity. The high genetic diversity among the four populations of this species could be due to the absence of direct pollinizer insects as well as the presence of natural barriers and the geographic distance among them, which would be restricting the gene flow among the populations.

KEYWORDS: *Plukenetia volubilis*, sacha inchi, Genetic diversity, Population, DALP.

INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana, presenta una extensión de 756 866 km² y constituye la décima parte de todos los bosques del mundo (Kalliola, 1993). En el Perú, la Amazonía se divide en dos áreas geográficas naturales: selva baja y selva alta, según su ubicación altitudinal, la región de San Martín se encuentra ubicada entre estas dos áreas geográficas. Esta región, presenta dentro de su diversidad de recursos biológicos plantas silvestres como el “sacha inchi” *Plukenetia volubilis* L. (Valles, 1997), cuyas semillas presentan elevadas concentraciones de ácidos grasos esenciales tipo -3 y -6 (Hamaker *et al.*, 1992), que le confieren un potencial económico en el mercado nutraceutico, farmacéutico y alimenticio.

Actualmente, el sacha inchi viene siendo fuertemente cultivado (IIAP, 2009). Las semillas iniciales para la mayoría de estos cultivos provino de sus escasas poblaciones naturales, las cuales fueron sometidas a grandes presiones de colecta, muchas veces con métodos prohibitivos. La presión de colecta sumada a la creciente fragmentación de hábitats, podría estar causando una fuerte erosión genética en estas poblaciones. El estado de conservación genética de las poblaciones naturales, es esencial para establecer futuros planes de manejo y de mejoramiento genético de las especies (Rossiter *et al.*, 2000; Eirizik *et al.*, 2001; Ferreira & Gratacaglia, 1998). En este sentido, las técnicas moleculares son poderosas herramientas para el estudio de la diversidad genética de poblaciones naturales.

Los marcadores DALP (amplificación directa de polimorfismo de longitud) utilizados en este estudio son marcadores que no requieren de información previa sobre el genoma del organismo en estudio, pues usan primers universales, conocidos también como primers arbitrarios, los cuales se acoplan a regiones homólogas desconocidas del genoma produciendo patrones de bandas múltiples. Fueron inventados y utilizados por primera vez por Desmarais *et al.* (1998), para separar dos sub especies de ratones (*Mus musculus musculus* y *M. musculus domesticus*), reportando diferencias genéticas a nivel intraespecífico. Esta técnica también fue utilizada exitosamente para estudiar la variabilidad genética poblacional en especies vegetales medicinales como *Panax ginseng* y *Panax quinquefolius* (Ha *et al.*, 2001); y diez poblaciones naturales de *Stephania yunnanensis* (Yun-Shu *et al.*, 2008), obteniéndose resultados informativos a nivel intra e interpoblacional.

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad genética de cuatro poblaciones naturales de de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. de la región San Martín (Amazonía peruana), evaluados a través de la técnica DALP.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTREO DE MATERIAL BIOLÓGICO

Fueron colectadas 83 muestras biológicas (tejido foliar) en cuatro poblaciones naturales de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. de la región de San Martín (Figura 1): Tununtunumba (UTM 9275914, 18M 0377811), Shica (UTM 9301077, 18M0315372), Cerro Alto (UTM 9281954, 18M 0357544) y Habana (UTM 9326684, 18M 0268917).

EXTRACCIÓN Y AMPLIFICACIÓN DE ADN

La extracción de ADN, fue realizada mediante el protocolo CTAB de Doyle & Doyle (1987), a partir de 100 mg de tejido foliar; y la amplificación del ADN, se realizó a través de la técnica DALP, utilizando ocho primers selectivos (Tabla 1), que en combinación con un primer reverso permitieron la amplificación de diversos fragmentos arbitrarios de ADN genómico. Producido cada combinación (marcador), un patrón específico de bandas múltiples; es decir, cada marcador amplificó una determinada región del genoma. La reacción de amplificación fue realizada en un volumen total de 25 ul, conteniendo 5 U/ul de Taq polimerasa, 100 ng/ul de ADN molde, 5X de Buffer, 10 mM dNTPs, 25 mM de MgCl₂, 10 μM de cada primer y agua ultrapura. Las condiciones de temperatura fueron: denaturación inicial a 95 °C x 1min.; seguida de 29 ciclos de: denaturación a 91 °C x 30 seg., hibridación a 42.9 °C x 30 seg., y extensión a 72 °C x 30 seg.; seguida de una extensión final a 72 °C x 5 min. El patrón de bandas obtenido, fue verificado en geles de poliacrilamida al 6%, teñido con nitrato de plata mediante método Rabat (Sambrook & Russell, 1991).

ANÁLISIS DE DATOS

El polimorfismo entre las muestras fue analizado mediante la observación de presencia y ausencia de las bandas entre los individuos. A partir del cual se realizó una matriz binaria en base a la presencia (1) y ausencia (0) de las bandas diferenciales (polimórficas). El genotipo para cada uno de los individuos fue establecido a partir de la combinación de los perfiles

de bandas generadas por cada uno de los tres primeros DALP. La variabilidad genética a nivel intra e interpoblacional fueron establecidas mediante el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC). La diferenciación entre las poblaciones fue estimada en base al índice de fijación (F_{st}) propuesto por Weir & Cockerham (1984); ambos análisis fueron realizados con la ayuda del software GENETIX versión 4.05 (Belkhir *et al.*, 2004). Las relaciones entre las

poblaciones fue establecida en base a un dendrograma (método UPGMA), elaborado a partir de la distancia genética (D) obtenida mediante la fórmula $D = -\ln(1 - F_{st})$ propuesta por Reynolds *et al.* (1983), así como los valores de Bootstrap (calculados en base a 1000 repeticiones) fueron obtenidos con la ayuda de los softwares PHYLIP versión 3.5 (Felsenstein, 1993) y TREVIEW (Page, 1996).

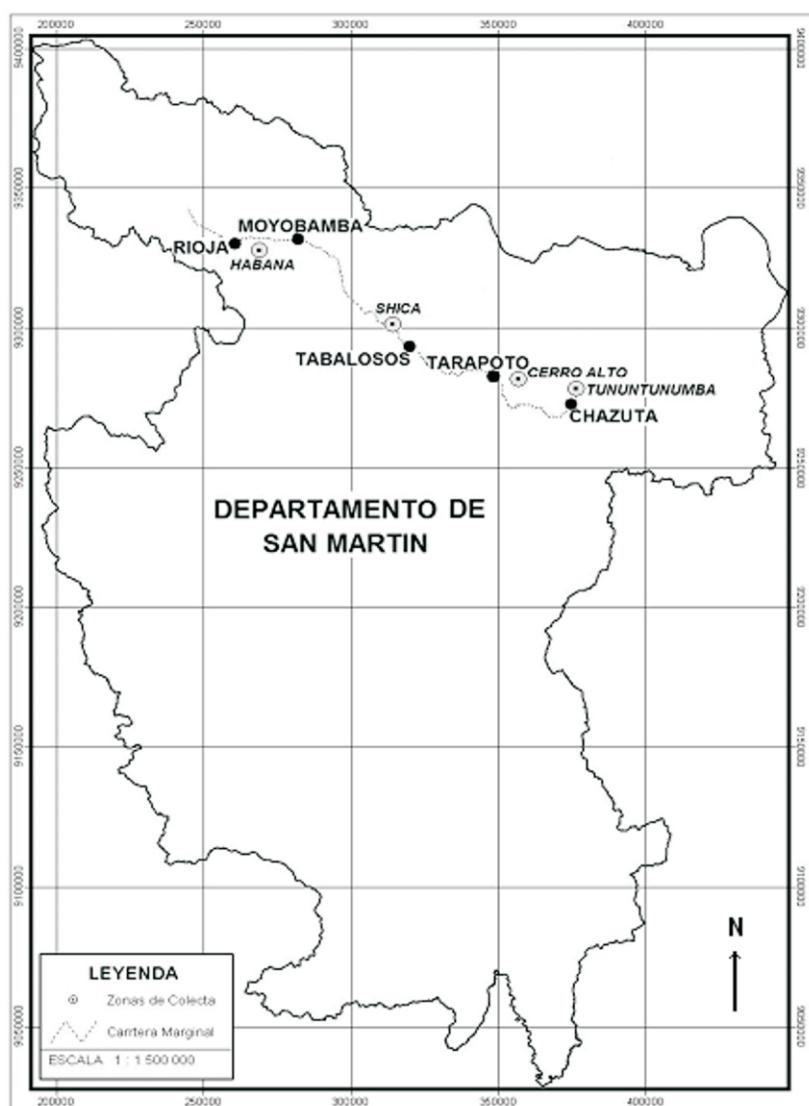


Figura 1. Mapa del departamento de San Martín indicando la localización geográfica de las cuatro poblaciones naturales de sachá inchi *Plukenetia volubilis*, evaluadas en el estudio.

Tabla 1. Marcadores DALP (Desmarais *et al.*, 1998) utilizados en el análisis de las poblaciones de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) de la región San Martín.

TIPO DE PRIMERS	PRIMERS	SECUENCIA
Primer reverso	DALP R	TTTCACACAGGAAACAGCTATGAC
Primers selectivos	DALP 221	GTTTTCCCAGTCACGAC GC
	DALP 231	GTTTTCCCAGTCACGAC AGC
	DALP 232	GTTTTCCCAGTCACGAC GAC
	DALP 233	GTTTTCCCAGTCACGAC ACG
	DALP 234	GTTTTCCCAGTCACGAC CAG
	DALP 235	GTTTTCCCAGTCACGAC CAC
	DALP 241	GTTTTCCCAGTCACGAC TCAG
	DALP 242	GTTTTCCCAGTCACGAC CTAG

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los ocho marcadores DALP analizados, tres resultaron ser polimórficos (DALP221, DALP233 y DALP242), mostrando diferenciación a nivel intra e interpoblacional. El marcador DAL221 fue el más polimórfico, presentando nueve bandas informativas entre las poblaciones; dos de las cuales fueron diagnosticas para la población de Tununtunumba (bandas presentes únicamente en esta población), pudiendo diferenciarla genéticamente de las otras poblaciones. Así mismo, el marcador DALP233 mostró siete bandas informativas compartidas entre las diferentes poblaciones de sacha inchi estudiadas. Finalmente, el marcador DALP242 mostró cinco bandas informativas, de las cuales, solo una fue diagnosticada para la población de Shica (banda ausente únicamente en esta población).

DIVERSIDAD GENÉTICA POBLACIONAL

En la región San Martín, las poblaciones naturales de sacha inchi presentaron diferentes niveles de diversidad genética poblacional (Figura 2), encontrándose un total de 24 perfiles genéticos (genotipos). La mayor parte de los cuales fueron encontrados en la población Shica (15); en tanto, los nueve genotipos restantes se encuentran distribuidas entre las poblaciones de Cerro Alto (4), Habana (3) y Tununtunumba (2) que fueron menos diversas.

Los diferentes niveles de diversidad genética observada en cada una de las poblaciones, podrían estar influenciados por el sistema mixto de polinización (alógamo y autógamo) presente en esta

especie, por la capacidad de dispersión del polen y de las semillas, y por el tamaño y densidad poblacional. La población de Shica, que muestra la mayor diversidad genética, es la que presenta el mayor tamaño y densidad poblacional, por lo que suponemos que la acción del viento y otros factores abióticos tienen un mejor efecto en la polinización cruzada (alogamia) en esta población, aumentando el intercambio genético dentro de la población y eventualmente con las otras poblaciones vecinas, aumento así su diversidad genética. Esta hipótesis se ve sustentada por Raven *et al.* (1992), quien manifiesta que la polinización cruzada por acción del viento (anemofilia) no es muy eficaz entre individuos distantes, por no lograr abarcar grandes distancias; pero es eficiente si los individuos de una especie crecen unos junto a otros como es el caso de esta población. En el sacha inchi, los insectos no serían considerados como polinizadores directos; debido a que estos, visitan preferentemente solo a las flores masculinas más no las flores femeninas, por no considerarlas atractivas (Cachique, 2006).

En contraste a la población Shica, las poblaciones Tununtunumba, Habana y Cerro Alto mostraron una baja diversidad genética (genotipos). Esto podría ser atribuido a que estas poblaciones presentan un menor tamaño y densidad poblacional, lo que también habría dificultado la acción del viento en la polinización cruzada entre plantas dentro de cada una de estas poblaciones. Pudiendo experimentar procesos de deriva genética favorecidos por una autofecundación constante, facilitando la homogenización de los genotipos y disminuyendo los niveles de diversidad genética en estas poblaciones.

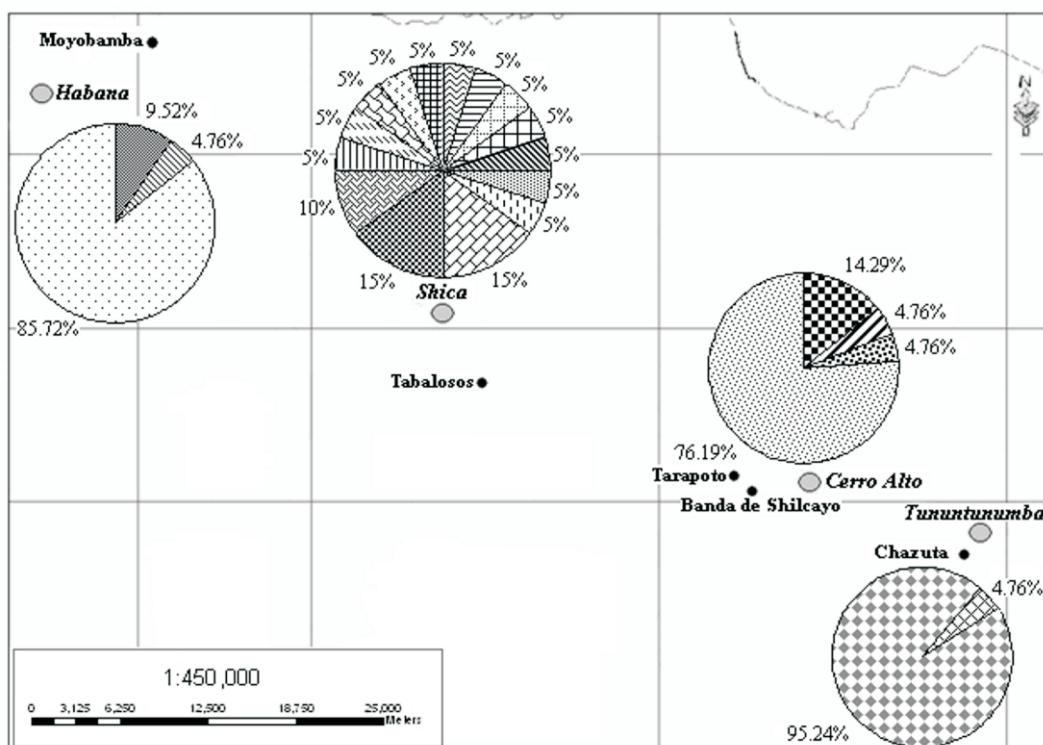


Figura 2. Genotipos obtenidos con los marcadores DALP 221, DALP 233 y DALP 242 en las cuatro poblaciones naturales de sacha inchi *Plukenetia volubilis* de la región de San Martín.

VARIABILIDAD GENÉTICA INTERPOBLACIONAL

Los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC) muestran una fuerte estructuración (diferenciación) entre las cuatro poblaciones naturales (Figura 3). Esto es corroborado por los niveles de diferenciación genética (promedio del índice de fijación: $F_{st} = 0.83$) encontrados entre la poblaciones de sacha inchi (Tabla 2). La literatura reporta que las poblaciones de plantas autógamas están fuertemente estructuradas en líneas puras, en comparación de las plantas alógamas que generalmente no presentan una estructuración definida (Loveless & Hamrick, 1984). La estructuración y altos niveles de diferenciación genética encontrados en el sacha inchi, podrían ser atribuidos a la restricción del flujo genético resultante de un conjunto de factores como: la presencia de barreras naturales entre las poblaciones, la distancia geográfica y el sistema mixto de polinización que actuaría preferentemente a nivel intrapoblacional. A esto se podría sumar que en décadas recientes, la deforestación y el daño de los bosques con la consecuente fragmentación de los mismos, podría

haber dificultado todavía más, el flujo genético entre las poblaciones naturales de sacha inchi, contribuyendo fuertemente al aislamiento de las mismas, o a la disminución drástica de los agentes polinizadores ó dispersores de semilla de esta especie (si los hubiera); a los cuales, les sería cada vez más difícil salvar las distancias entre los fragmentos, causando a la larga una fuerte diferenciación genética entre las poblaciones estudiadas.

En *Croton alabamensis*, otra Euphorbiaceae que presenta un sistema mixto de polinización (Farmer, 1962) similar al sacha inchi, Van Ee *et al.* (2006), reportaron un F_{st} promedio de 0.28 entre poblaciones naturales, obtenido con la técnica AFLP (marcador con características muy similares al DALP, los autores usaron también una matriz binaria elaborada en base a la presencia y ausencia de bandas). Mientras que en el sacha inchi, nosotros reportamos un F_{st} promedio de 0.83 entre poblaciones naturales. Esta diferenciación del F_{st} entre las poblaciones de estas dos especies, podría ser explicada por la diferencia en los agentes polinizadores y sus preferencias. En el *Croton alabamensis*, la polinización es realizada

directamente por los insectos según observaciones hechas por Van Ee *et al.* (2006), quienes mencionan que estos visitan tanto a flores masculinas como a flores femeninas, lo que podría estar favoreciendo el flujo genético entre las poblaciones de esta especie, disminuyendo los niveles de F_{st} . En cambio, en el sacha inchi la polinización estaría más fuertemente influenciada por acción del viento, que tiene un área de

acción mas corta en el transporte de polen (actuando solo entre los individuos de una población, no pudiendo superar las distancias entre poblaciones lejanas), lo cual contribuiría al aislamiento genético entre las poblaciones por una disminución del flujo genético a consecuencia de la distancia geográfica y otros factores, trayendo como consecuencia un alto valor del F_{st} .

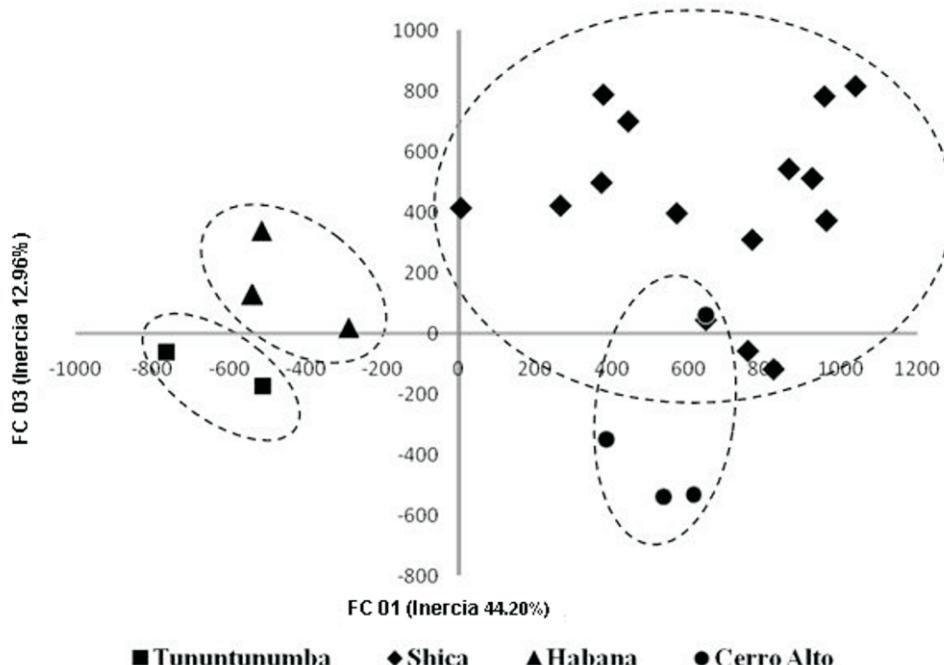


Figura 3. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), inferidos en función a los genotipos encontrados para las cuatro poblaciones naturales de sacha inchi *Plukenetia volubilis* de la región de San Martín. Los puntos están distribuidos sobre un plano factorial bidimensional.

Tabla 2. Matriz del estimador F_{st} (parte superior tabla) y distancia genética (parte inferior tabla) para las cuatro poblaciones naturales de sacha inchi *Plukenetia volubilis* de la región de San Martín.

POBLACIONES	TUNUNTUNUMBA	SHICA	HABANA	CERRO ALTO
Tununtunumba	---	0.8260***	0.9487***	0.9506***
Shica	1.7486***	---	0.7955***	0.5429***
Habana	2.9706***	1.5873***	---	0.9275***
Cerro Alto	3.0082***	0.7829***	2.6235***	---

*** Altamente significativo a $P < 0.001$

RELACIONES FILOGEOGRÁFICAS ENTRE LAS CUATRO POBLACIONES

El dendrograma UPGMA (Figura 4), elaborado en base a la distancia genética de Reynolds *et al.* (1983), ver parte inferior de la Tabla 2, muestra la formación de dos grupos: el grupo A, conformado por tres poblaciones (Habana, Shica, Cerro Alto) divididas en dos sub grupos; y el grupo B, conformado únicamente por la población de Tununtunumba. Los resultados de correlación entre la distancia genética y la distancia geográfica entre estas poblaciones muestran que no existe una correlación entre estas dos variables ($r = 0.12, p = 0.5$). Esto es corroborado por el hecho de que las poblaciones de Tununtunumba y Cerro Alto que a pesar de ser las más cercanas geográficamente (21 Km) presentan la mayor distancia genética ($D = 3.0082$) entre ellas. Por lo que se presume, que la

Cordillera Escalera que separa en gran parte a la población de Tununtunumba (grupo B) de las demás poblaciones (grupo A), estaría actuando como una barrera geográfica natural (altitud = 1119 m.s.n.m). Esto estaría limitando un posible flujo genético de esta población con las demás poblaciones, aumentando los niveles de diferenciación genética entre ellas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, tanto a nivel de genética intra e interpoblacional nos permiten recomendar lo siguiente: i) conservar a la población de Shica como stock genético, debida a su mayor diversidad genética; ii) realizar futuros cruzamientos entre las poblaciones más distantes genéticamente, con la finalidad de obtener nuevas variantes genéticas aprovechables para el mejoramiento del sacha inchi.

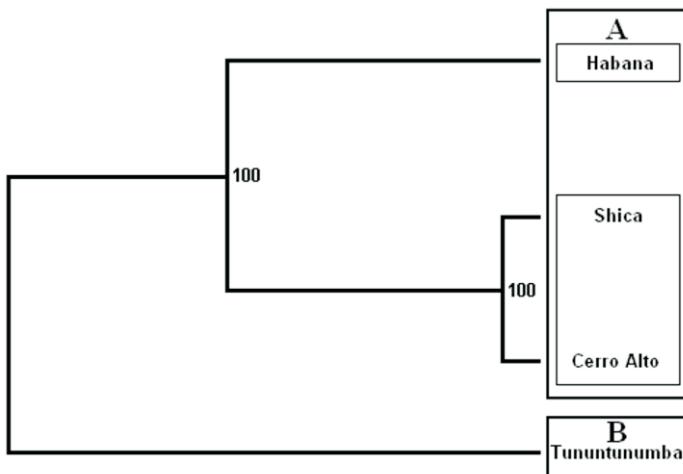


Figura 4. Dendrograma de similitud (UPGMA) generado con la distancia genética de Reynolds *et al.* (1983) para las cuatro poblaciones de sacha inchi *Plukenetia volubilis* de la región de San Martín. Los números en los nudos de las ramas representan valores de Bootstrap para 1000 repeticiones.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Obtención de líneas mejoradas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), a partir de material genético con altos rendimientos y contenidos de omega 3 y omega 6”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Belkhir, K.; Borsa, P.; Chichi, I.; Raufast, N.; Bonhomme, F. 2004. GENETIX 4.05.2. Logiciel sous windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire génome, populations, interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Cachique, D. 2006. Estudio de la Biología Floral y Reproductiva en el Cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) INIEA-UNSM. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. 70pp.
- Desmarais, E.; Laneluc, I.; Lagnel, J. 1998. Direct amplification of length polymorphisms (DALP) or how to get and characterize new genetic markers in many species. *Nucleic Acids Research*, 26(6):1458-65.
- Doyle, J.J.; Doyle J. L. 1987. A rapid ADN isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19:11-5.
- Farmer, J.A. 1962. An ecological life history of *Croton alabamensis* EA. Smith ex Chapman. Ph.D Thesis. University of Alabama, Alabama. 93pp.
- Felsenstein, J. 1993. PHYLIP. Phylogeny inference pakage, versión 3.05, general information manual. University of Washintgton, Seattle, Washington.
- Ferreira, M.E.; Gratacaglia, D. 1998. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 3^a ed. Brasília: EMBRAPA – CENARGEN. 220pp.
- Ha, W.Y.; Yau, F.C.; But, P.P.; Wang, J.; Shaw, P.C. 2001. Direct amplification of length polymorphism analysis differentiates *Panax ginseng* from *P. quinquefolius*. *Planta medica*, 67(6):587-9.
- Hamaker, B.R.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, R.M.; Clark, D.; García, H.H.; Gonzales, A.E.; Kohlstad, I.; Castro, M. 1992. Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Inca Peanut (*Plukenetia volubilis* L.), *Cereal Chemistry*, 9:461-3.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, 2009. Estudio de viabilidad económica de *Plukenetia volubilis* Linneo, sachainchi, en el departamento de San Martín. In Avances económicos Nº 3, Gonzales, L.A.; Ríos, T.S. (copiladores). 66pp.
- Kalliola, R. 1993. Amazonía Peruana, vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía, Universidad de Turku; Turku, Finlandia, 265 pp.
- Loveles, M.D.; Hamrick, J.L. 1984. Ecological determinants of genetic structure in plants populations. *Ecology Systems*, 15:69-95.
- Page, R.D.M. 1996. TREEVIEW, Tree drawing software for Apple Macintosh and Microsoft Windows. Division of Environmental and Evolutionary Biology, Institute of Biomedical and Life Sciences, University of Glasgow, Glasgow, Scotland, United Kingdom.
- Raven, E.; Evert, R.; Eichhorn, E. 1992. *Biología de plantas*. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. 773pp.
- Reynolds, J.; Weir, B.S.; Cockerham, C.C. 1983. Estimation of the coancestry coefficient: basis for a short-term genetic distance. *Genetics*, 105:767-779.
- Rossiter, S.; Jones, G.; Ransome, R.; Barratt, E. 2000. Genetic variation and population structure in the endangered greater *Rinolophus ferrumequinum*. *Molecular Ecology*, 9:1131-1135.
- Sambrook, J.; Russell, D. 1991. Molecular Cloning: A laboratory Manual, 3rd ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Valles, C. 1995. Sacha Inchi, Importante Oleaginosa Selvática. Ed. Pura Selva, p. 40-41.
- Van Ee, B. W. ; Jelinski, N. ; Berry, P. E. ; Hipp, A. L. 2006. Phylogeny and biogeography of *Croton alabamensis* (Euphorbiaceae), a rare shrub from Texas and Alabama, using DNA sequence and AFLP data. *Molecular Ecology*, 15: 2735-2751.
- Weir, B.S.; Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. In: *Evolution*, 38:1358-1370.

VARIABILIDAD GENÉTICA DE CINCO POBLACIONES NATURALES DE CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc. Vaugh) DE LA AMAZÓNIA PERUANA, EVALUADAS MEDIANTE DALP

Carmen GARCÍA-DÁVILA¹, Mike CORAZÓN-GUIVIN², Diana CASTRO¹, Werner CHOTA¹, Ángel RODRÍGUEZ², Cesar DELGADO-VÁSQUEZ³, Jean-François RENNO⁴

1 Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM). Av. Abelardo Quiñones km 2.5, Iquitos, Perú; e-mail: cdavila19@yahoo.com

2 Investigadores becados del Laboratorio de Biología y Genética Molecular del IIAP, Av. Abelardo Quiñones km 2.5, Iquitos, Perú.

3 Laboratorio de Entomología del IIAP, Av. Abelardo Quiñones km 2.5, Iquitos, Perú.

4 Institut de Recherche pour le Développement. Montpellier, Francia

RESUMEN

La variabilidad genética dentro y entre cinco poblaciones naturales (Napo, Tigre, Ucayali, Putumayo y Curaray) de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc. Vaugh) localizados en la Amazonía peruana fueron evaluadas mediante dos marcadores DALP (Amplificación Directa de Polimorfismo de Longitud). Los resultados muestran diferentes niveles de diversidad genética dentro de las poblaciones, siendo que la mayor diversidad fue encontrada en la población del Putumayo (16 genotipos) y la menor en el Curaray (4 genotipos), estos resultados podrían estar relacionados con el tamaño poblacional de las mismas y con la distancia geográfica entre ellas (dentro y entre las cuencas). A pesar que el análisis de AFC infiere la conformación de cuatro agrupaciones principales (a = Ucayali, b = Putumayo, c = Tigre y d = una agrupación mixta conformada por todos los individuos del Napo y Curaray, mas un individuo del Putumayo) entre las cinco poblaciones analisadas. Los resultados del índice de fijación (F_{st}) y distancia genética (promedios: $F_{st} = 0.661$ y Distancia genética = 1.129) muestran que estas se encuentran fuertemente estructuradas, siendo que las poblaciones más cercanamente relacionadas son Napo y Curaray ($F_{st} = 0.489$, distancia genética = 0.670), y las más distantes Tigre y Ucayali ($F_{st} = 0.805$, Distancia genética = 1.635), lo cual podría ser explicado por las grandes distancias geográficas que estaría limitando el flujo de genes entre ellas.

PALABRAS CLAVE: Variabilidad genética, DALP, *Myrciaria dubia*, Amazonía peruana.

GENETIC VARIABILITY IN FIVE NATURAL POPULATIONS OF CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* HBK Mc. Vaugh) OF THE PERUVIAN AMAZON, EVALUATED BY DALP

ABSTRACT

The genetic variability within and among five natural populations (Napo, Tigre, Ucayali, Putumayo and Curaray) of camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK Mc. Vaugh) located in the Peruvian Amazon were evaluated through two markers DALP (Direct Amplification Length Polymorphism). The results show different levels of genetic diversity within populations, being the highest diversity found in the Putumayo population (16 genotypes) and the lowest in the Curaray (4 genotypes), these results could be related to their population sizes and geographical distance between them (within and between basins). Although the analysis of AFC suggests the formation of four main groups (a = Ucayali, b = Putumayo, c = Tigre, D = a mixed group made up of all individuals from Napo and Curaray, plus an individual of Putumayo) among the five analyzed populations. The results of the fixation index (F_{st}) and genetic distance (average $F_{st} = 0.661$ and genetic distance = 1.129) show that they are highly structured populations, being Napo and Curaray more closely related ($F_{st} = 0.489$, genetic distance = 0.670); and Ucayali and Tiger the most distant ($F_{st} = 0.805$, genetic distance = 1.635), which could be explained by the geographic distances that would be limiting the gene flow between these populations.

KEYWORDS: Genetic variability, DALP, *Myrciaria dubia*, Peruvian Amazon.

INTRODUCCIÓN

El camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc. Vaugh) es un frutal amazónico de amplia distribución en la Amazonía peruana, colombiana, brasileña y venezolana (Alves *et al.*, 2002). Este frutal tiene un gran potencial económico debido a que sus frutos poseen un alto contenido de ácido ascórbico (877 a 3079 mg / 100 g de pulpa), por lo que gozan de amplia aceptación en los mercados externos (Pinedo *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001; Silva, 2006; Rojas, 2008). Hasta el momento esta demanda es cubierta mayoritariamente por la colecta de frutos en rodales naturales, muchas veces sin un manejo adecuado, empleándose métodos prohibitivos (sobrecolecta, desgarramiento de ramas y árboles). Estos métodos pone en riesgo las poblaciones naturales, los procesos ecológicos y evolutivos que en el se producen (Delgado & Couturier, 2004), por lo que el conocimiento de la variabilidad genética es un factor importante para el manejo y conservación de las especies.

Actualmente la variabilidad genética del camu camu en rodales naturales es poco conocido (Penn, 2006), siendo necesario evaluar su estado de conservación. En este sentido los marcadores moleculares, son herramientas fuertemente utilizadas para obtener estas informaciones. Esto debido al desarrollo de la tecnología del PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) que hizo posible la construcción de un número considerable de marcadores moleculares para la caracterización genética y el estudio de las relaciones a nivel inter e intrapoblacional (Hartl & Clark, 1997; Karp *et al.*, 1997; Ferreira & Grattapaglia, 1998). Los marcadores DALP (Amplificación Directa del Polimorfismo de Longitud), son poderosas herramientas moleculares cuando no se tiene un conocimiento previo del genoma de la especie en estudio, debido a que esta técnica combina las ventajas de una alta resolución, reproducibilidad y la posibilidad de estimar la variabilidad genética en especies animales y vegetales (Desmarais *et al.*, 1998; Hansen *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 2003; Langar *et al.*, 2003; Ma *et al.*, 2008).

Es conocido que desde un punto de vista evolutivo, las poblaciones con baja variabilidad genética tienen un reducido potencial para adaptarse a los cambios del ambiente, imposibilitando de este modo su permanencia en el tiempo. Es decir, el nivel de diversidad genética es crítico para lograr que una especie se adapte a un cambio medio ambiental y evolucione (Frankham, *et al.*, 2008). Siendo necesario conocer los patrones de diversidad genética, la estructura poblacional, así como determinar los procesos genéticos involucrados en la creación de estos patrones; para poder tomar medidas de

conservación y definir estrategias de manejo sostenido adecuadas para una especie (Wahid *et al.*, 2010). Asimismo patrones de variaciones genéticas pueden también ser utilizados para establecer divisiones biogeográficas que pueden ser especialmente utilizados en el diseño de estrategias de conservación (Wahid *et al.*, 2010). En este sentido el presente estudio pretende contribuir al conocimiento de esta especie a través de la estimación de la variabilidad genética del camu-camu en cinco poblaciones naturales evaluado mediante marcadores DALP, generando datos que puedan ser utilizados como bases para futuros trabajos en mejoramiento genético de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL BIOLÓGICO Y ÁREA DE ESTUDIO

Se colectaron muestras biológicas (brotes de tejido foliar) de 100 individuos en cinco poblaciones naturales de camu-camu *Myrciaria dubia* en la Región Loreto (Fig. 1), localizadas en los ríos: Napo (lago Nuñez 03° 21.70' S/72° 49.81' W), Curaray (lago Capihuara 02° 14' S/74° 20' W), Tigre (lago Huarmi 03° 26' S/74° 47' W), Ucayali (lago Supay 4° 55' S/73° 40' W,) y Putumayo (02° 22' 19.3" S/72° 47' 46.1" W). Las muestras fueron conservadas en tubos conteniendo piedras secantes (Sulfato de calcio anhídrico) hasta el momento de la extracción.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

La extracción de ADN se realizó a partir de 100 mg de tejido foliar mediante el protocolo CTAB de Doyle & Doyle (1987). La amplificación del ADN fue realizada mediante la técnica DALP (Desmarais *et al.*, 1998), obteniendo ocho marcadores a partir de las combinaciones de un cebadores (primer) reverso con ocho cebadores selectivos (Tabla 1), produciendo un patrón específico de bandas múltiples para cada marcador. Las reacciones de amplificación fueron realizadas en volúmenes totales de 20 μ l, conteniendo: 100 ng/ μ l de ADN molde, 5 U/ μ l de Taq polimerasa, 5X de Buffer, 10 mM dNTPs, 25 mM de MgCl₂, 10 μ M de cada primer y agua ultrapura. Las condiciones de temperatura fueron: denaturación inicial a 95 °C x 1 min., seguida de 29 ciclos consistentes en: a) denaturación a 91 °C x 30 seg.; b) hibridación a 47.8 °C x 30 seg.; y c) extensión a 72 °C x 30 seg. Las amplificaciones fueron verificadas preliminarmente en geles de agarosa 2% teñidos con bromuro de etidio (10 mg/ml). Posteriormente se verificó el polimorfismo entre las muestras en geles de poliacrilamida al 6%, teñidos con nitrato de plata mediante el método Rabbat (Sambrook & Russell, 1991).

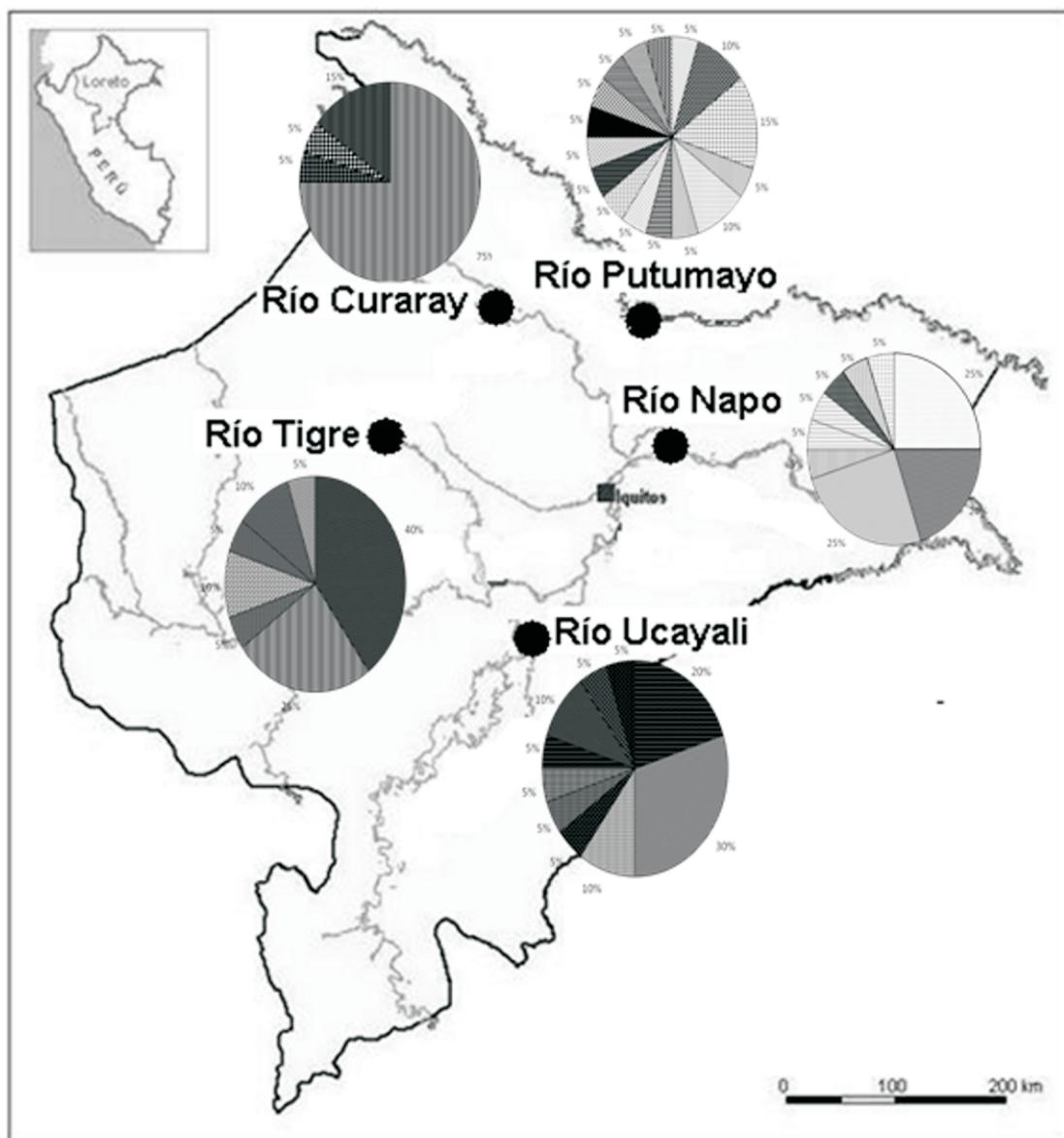


Figura 1. Genotipos encontrados mediante los marcadores DALP 03 y DALP 05 para cada población natural de camu camu *Myrciaria dubia* analizados en la región Loreto.

Tabla 1. Marcadores DALP (Desmarais *et al.*, 1998) utilizados en el análisis de las poblaciones de camu-camu *Myrciaria dubia* de la región Loreto.

TIPO DE PRIMERS	PRIMERS	SECUENCIA
Primer reverso	DALP R	TTTCACACAGGAAACAGCTATGAC
Primers selectivos	DALP 221	GTTTCCCAGTCACGACGC
	DALP 231	GTTTCCCAGTCACGACAGC
	DALP 232	GTTTCCCAGTCACGACGAC
	DALP 233	GTTTCCCAGTCACGACACG
	DALP 234	GTTTCCCAGTCACGAC CAG
	DALP 235	GTTTCCCAGTCACGAC CAC
	DALP 241	GTTTCCCAGTCACGACTCAG
	DALP 242	GTTTCCCAGTCACGACCTAG

TRATAMIENTO DE DATOS

Para los análisis genéticos se realizó una matriz binaria en base a la observación de presencia (1) y ausencia (0) de las bandas polimórficas (diferenciales) entre los individuos. La variabilidad genética a nivel intra e interpoblacional fue evaluada mediante el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), la diferenciación entre las poblaciones fue estimada en base al estimador del índice de fijación (F_{st}) propuesto por Weir & Cockerham (1984). Estos análisis fueron realizados con la ayuda del software GENETIX versión 4.05 (Belkhir *et al.*, 2004). Las relaciones entre las poblaciones fue establecida en base a un dendrograma elaborado a partir de la distancia genética (D) obtenida mediante la fórmula $D = -\ln(1 - F_{st})$ propuesta por Reynolds *et al.* (1983) con la ayuda del software PHYLIP versión 3.5 (Felsenstein, 1993) y visualizado con el software TREVIEW (Page, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

POLIMORFISMO DE LOS MARCADORES DALP EN CAMU-CAMU

De los ocho marcadores DALP analizados, dos resultaron ser polimórficos (diferenciales): DALP 232 y DALP 234, mostrando diferenciación a nivel intra e interpoblacional. El marcador DALP 232 resultó ser el más polimórfico, presentando trece bandas informativas entre las poblaciones; una de las cuales fue diagnóstica (exclusiva) para caracterizar a la población Tigre. Asimismo, el marcador DALP 234 mostró ocho bandas informativas, de las cuales una

banda fue diagnóstica para la población Ucayali.

VARIABILIDAD GENÉTICA INTRAPOBALACIONAL

En conjunto las cinco poblaciones naturales de camu-camu presentaron 45 genotipos, siendo que la población Putumayo presentó el mayor número de ellas (16), es decir la mayor diversidad genética. En tanto que Curaray presentó la menor diversidad genética con solamente cuatro genotipos (Figura 1). Estos resultados podrían ser explicado por la polinización alogámica facultativa (Villachica, H. 1996), el cual podría estar actuando en diferentes grados según el tamaño de las poblaciones. Así, las poblaciones Putumayo y Ucayali que presentan grandes tamaños poblacionales, presentan también las mayores diversidades genéticas. Esto podría deberse a que a mayor número de plantas mayor fecundación cruzada entre especímenes no parentales, lo cual contribuiría al mantenimiento de la diversidad genética dentro de la población a través del tiempo. En tanto que en poblaciones de menor tamaño como la del Curaray, la deficiente diversidad genética podría estar reflejando una fecundación cruzada entre individuos genéticamente relacionados (parietales), originada ya sea a por una reducción del tamaño poblacional (actual o una antigua), a una colonización a partir de pocos individuos o a la gran distancia geográfica entre poblaciones dentro de la misma cuenca. La literatura reporta también reducidos niveles de diversidad genética en *Eugenia dysentica* (Myrtaceae) y su posible relación con la reducción de los tamaños poblacionales (Trinidad & Chaves, 2005).

VARIABILIDAD INTERPOBLACIONAL Y RELACIONES FILOGENÉTICAS ENTRE POBLACIONES DE CAMU-CAMU

Si bien los resultados del análisis factorial de correspondencia (AFC) muestran la conformación de tres agrupaciones constituidas únicamente por individuos de una sola población y una agrupación mixta conformada por los individuos de las poblaciones Napo y Curaray, más un individuo del Putumayo cuyos genotipos parecen estar más cercanamente relacionados (Figura. 2). Los valores obtenidos con el índice de fijación (F_{st}) y distancia genética (Tabla. 2) muestran que estas poblaciones se encuentran fuertemente estructuradas, es decir diferenciadas genéticamente (promedios: $F_{st} = 0.661$ y distancia genética = 1.129); siendo que las poblaciones más cercanamente relacionadas son Napo y Curaray ($F_{st} = 0.489$, distancia genética = 0.670), y las más distantes Tigre y Ucayali ($F_{st} = 0.805$, distancia genética = 1.635). La población del Tigre es la más distante de las demás poblaciones. Las relaciones genéticas entre las poblaciones pueden ser observadas en el árbol genético (Figura 3). La relación entre las poblaciones de Curaray y Napo es fuerte (Bootstrap = 100), al contrario de las otras relaciones que tienen un Bootstrap inferior a 50. En consecuencia las relaciones entre Tigre, Ucayali y Putumayo podrían variar dentro del árbol genético, siendo necesario en el futuro testar otros marcadores moleculares para obtener mayor consistencia en estas relaciones.

Reportes de la literatura, muestran que las poblaciones de plantas autógamas están fuertemente estructuradas en líneas puras, en comparación de las plantas alógamas que generalmente presentan una estructuración menos definida (Jain, 1975; Loveless & Hamrick, 1984; Brown, 1990; Godt & Hamrick, 1998). El camu camu que presenta una polinización alógama facultativa (Peters & Vásquez, 1986; Barriga, 1994; Villachica, 1996; Flores, 1997), mostró con la técnica DALP una fuerte estructuración

genética entre las cinco poblaciones evaluadas. Estos niveles altos de diferenciación, podrían ser atribuidos a la restricción del flujo genético entre las poblaciones, debido principalmente a las grandes distancias geográficas existentes entre ellas. Estas distancias no podrían ser superadas por peces como la gamitana (*Colossoma macropomum*) y otras especies ictiológicas frugívoras (Villachica, 1996; Flores, 1997; Alves *et al.*, 2002) que son los posibles dispersores de sus semillas y poseen una migración limitada; o por los ungulados y monos que son más territorialistas.

El polimorfismo genético entre poblaciones puede ser un indicativo de adaptaciones evolutivas, que juegan un papel importante para la sobrevivencia de la población a los cambios medioambientales (Laci *et al.*, 2007). Sin embargo, en décadas recientes, el daño de los bosques con la consecuente fragmentación de los mismos, podría haber dificultado todavía más el flujo genético entre las poblaciones naturales de camu camu. La fragmentación de las poblaciones de camu camu y la disminución drástica de los agentes polinizadores ó dispersores de sus semillas bajo los efectos antropicos, causa a la larga una fuerte diferenciación genética entre las poblaciones de camu camu. Con el tiempo el funcionamiento en endogamia de poblaciones cada vez más pequeñas y aisladas, se acompañaría de una erosión genética (perdida de alelos).

Estos resultados nos permiten concluir que la diversidad genética dentro de las poblaciones de camu camu, depende del tamaño poblacional de las mismas, así como de su relación con otras poblaciones dentro de la misma cuenca. En tanto que la diferencia genética entre poblaciones de diferentes cuencas puede ser una consecuencia directa de las grandes distancias geográficas entre ellas, que sería un factor limitante en el flujo de genes entre las poblaciones entre las cuencas.

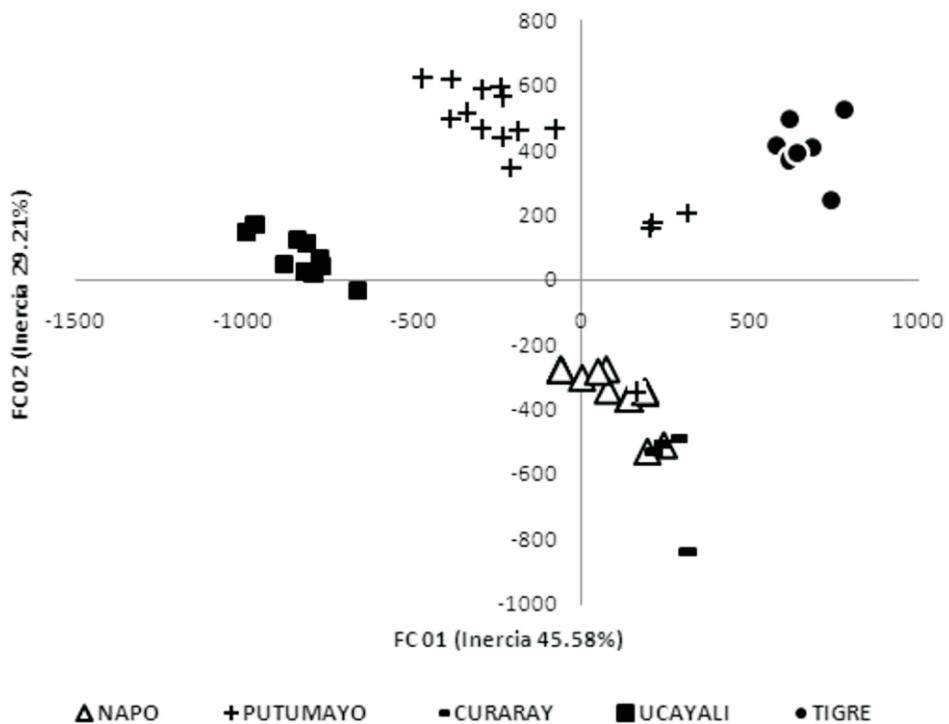


Figura 2. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), inferidos en función a los genotipos encontrados para las cinco poblaciones naturales de camu camu *Myrciaria dubia* analizados en la Amazonía peruana. Los puntos están distribuidos sobre un plano factorial bidimensional (ejes 1 y 2).

Tabla 1. Matriz del estimador F_{st} (parte superior tabla) y distancia genética de Reynolds *et al.* (1983) (parte inferior tabla) para las cinco poblaciones naturales de camu camu *Myrciaria dubia* analizadas en la región Loreto.

POBLACIONES	NAPO	PUTUMAYO	CURARAY	UCAYALI	TIGRE
NAPO	--	0.566***	0.489***	0.676***	0.757***
PUTUMAYO	0.835***	---	0.648***	0.539***	0.641***
CURARAY	0.670***	1.045***	---	0.715***	0.778***
UCAYALI	1.128***	0.775***	1.254***	---	0.805***
TIGRE	1.416***	1.025***	1.504***	1.635***	---

*** significativo a $P < 0.001$

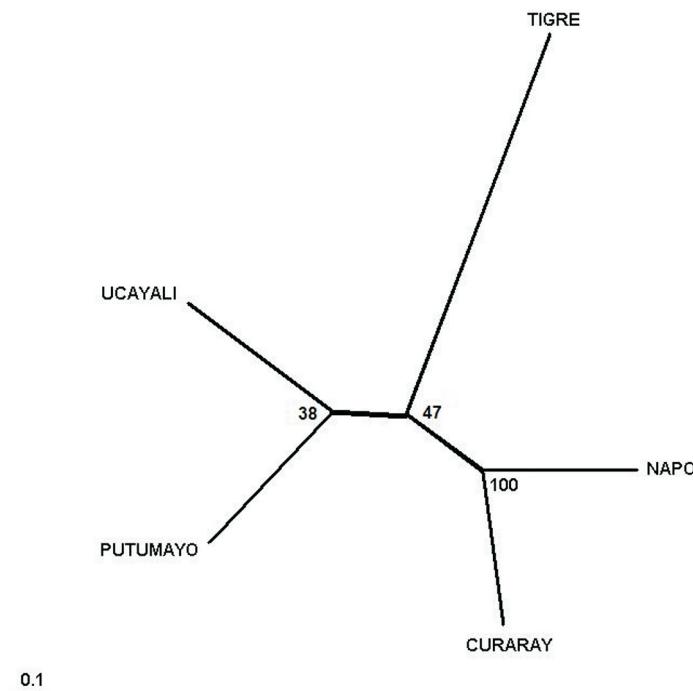


Figura 3. Dendrograma de similitud (UPGMA) generado con la distancia genética de Reynolds *et al.* (1983) para las cinco poblaciones de camu camu *Myrciaria dubia* analizadas en la región Loreto. Los números en los nudos de las ramas representan valores de Bootstrap para 1000.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Mejoramiento genético del “camu camu” *Myrciaria dubia* para sistemas productivos de suelos inundables”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alves, R. E.; Figueiras, H. A. C.; Moura, C. F. H.; Araujo, N. C. C.; Almeida, A. S. 2002. Camu camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): A rich natural source of vitamin C. *Proceed Interamerican Society for Horticultural*, 46:11-13.
- Barriga, R. 1994. Plantas Útiles de la Amazonía Peruana: Características, Usos y Posibilidades. Lima (Perú): CONCYTEC. p. 80 - 84.
- Belkhir, K. ; Borsa, P. ; Chichi, I. ; Raufast, N. ; Bonhomme, F. 2004. GENETIX 4.05.2, logiciel sous windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire génome, populations, interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Brown, A. H. D. 1990. Genetic characterization of plant matin systems. Brow AHD, Clegg MT, Kahler AL, Weir BS. Plant populations genetics, breeding, and genetic resources. Sinauer, Sunderland, Massachusetts. p. 145-162.
- Desmarais, E.; Laneluc, I.; Lagnel, J. 1998. Direct amplification of length polymorphisms (DALP) or how to get and characterize new genetic markers in many species. *Nucleic Acids Research*, 26(6):1458 - 1465.
- Doyle, J. J. ; Doyle, J. L. 1987. A rapid ADN isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19:11-15.
- Frankham, R.; Ballou, J.D.; Briscoe, D.A. 2008. Fundamentos de genética da conservação. Riberao preto-SP, SBG (sociedade Brasileira de Genética). 280pp.
- Felsenstein, J. 1993. PHYLIP (Phylogeny inference pakage) versión 3.05 general infromtion manual. University of Washintgton, seattle, Washington. 132pp.
- Ferreira, M.; Grattapaglia, D. 1998. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética 3^a ed. Brasilia: EMBRAPA-CENARGEN. 220pp.

- Flores, S. 1997. Cultivo de Frutales Nativos Amazónicos. Manual para el Extensionista. En: *Tratado de Cooperación Amazónica*. Lima (Perú): Secretaría Pro Tempore. p. 55-62.
- Godt, M. J. W.; Hamrick, J. L. 1998. Allozyme diversity in the grasses. In: Cheplick GP. *Populations Biology of grasses*. Cambridge University press. p. 11-29
- Hansen, M.; Hallden, C.; Säll, T. 1998. Error rates and polymorphism frequencies for three RAPD protocols. *Plant Molecular Biology Reporter*, 16: 139-146.
- Hartl, D.; Clark, A. 1997. Principles of population genetics. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts. 683pp.
- Jain, S. K. 1975. Populations structure and affects of breeding systems. In Frankel OH and Hawker JG. *Crop genetic resources for today and tomorrow*. Cambridge University Press. p. 15-36.
- Karp, A.; Kresovich, S.; Bhat, K.; Ayada, W.; Hodgkin, T. 1997. Molecular tool in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies. IPCRI technical bulletin N° 2. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 60pp.
- Laci, S.; Björn, S.; Genlou, S. 2007. Microsatellite variability and heterozygote excess in *Elymus trachycaulus* from british Columbia in Canada. *Biochemical systematics and ecology*, 35: 725-736.
- Langar, K.; Lorieux, M.; Desmarais, E.; Griveau, Y.; Gentzbittel, L.; Berville, A. 2003. Combined mapping of DALP and AFLP markers in cultivated sunflower using F9 recombinant inbred lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 106:1068-1074.
- Loveless, M. D.; Hamrick, J. L. 1984. Ecological determinants of genetic structure in plants populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 69-95.
- Ma, Y.S.; Yu, H.; Li, Y-Y; Yan, H.; Cheng, X. 2008. A study of genetic structure of *Stephania yunnanensis* (Menispermaceae) by DALP. *Biochemical Genetics*, 46:227-240.
- Page, R. D. M. 1996. TREEVIEW, Tree drawing software for Apple Macintosh and Microsoft Windows. Division of Environmental and Evolutionary Biology, Institute of Biomedical and Life Sciences, University of Glasgow. Glasgow, Scotland, UK.
- Penn, J. W. 2006. The cultivation of camu camu (*Myrciaria dubia*): a tree planting programme in the Peruvian Amazon. *Forests, trees and livelihoods*, 16:85-101.
- Peters, Ch.; Vásquez, A. 1986. Estudios Ecológicos de Camu camu *Myrciaria dubia*. I. Producción de Frutos en Poblaciones Naturales. *Acta Amazónica*, (16-17): 161-174.
- Pinedo, M.; Riva, R.; Rengifo, E.; Delgado, C.; Villacres, J.; González, A.; Inga, H.; López, A.; Farroñay, R.; Vega, R.; Linares, C. 2001. Sistema de producción de camu-camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 141pp.
- Rodrígues, R. B.; de Menezes, H. C.; Carbral, L. M. C.; Dornier, M.; Reynes, M. 2001. An Amazonian fruit with high potential as a source of vitamin C: The camu-camu (*Myrciaria dubia*): *Fruits*, 56(5): 345-354.
- Rojas, S.; Rodrigues, D.; Silva, M. L.; Astolfi, F. E. 2008. Desenvolvimento e mapeamento de microsatélites gênicos (EST-SSRs) de camu camu (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh). *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1): 14-21.
- Sambrook, J.; Russell, D. 1991. *Molecular Cloning: A laboratory Manual*, 3rd ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Silva, M. L. 2006. *Estudo de genes expressos em frutos de camu camu: sequenciamento de ESTs*. Tese doutorado, Universidade federal do Amazonas, Amazonas, Brasil. 82pp.
- Trinidade, M. G.; Chaves, L. J. 2005. Genetic structure of natural *Eugenia dysenterica* DC (Myrtaceae) populations in northeastern Goiás, Brazil, accessed by morphological traits and RAPD markers. *Genetic and molecular Biology*, 28(3): 407-413.
- Villachica, H. 1996. *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonía*. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima Perú. 367pp.
- Wahid, N.; Naydenov, K. D.; kamari, S.; Boulli, A.; Tremblay, F. 2010. Genetic structure of *Pinus pinaster* Ait. Populations in Morocco revealed by nuclear microsatellites. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38: 73 – 82.
- Wang, R.; Wang, Y.; Lei, G.; Xu, R.; Painter, J. 2003. Genetic Differentiation Within Metapopulations of *Euphydryas aurinia* and *Melitaea phoebe* in China. *Biochemical Genetics*, 41: 3-4.
- Weir, B. S.; Cockerham, C. C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. In: *Evolution*, 38:1358-1370.

PRIMER REPORTE DE PARASITISMO DE *Brachyplatystoma tigrinum* POR *Argulus pestifer*, EN ACUICULTURA

Fernando ALCÁNTARA^{1,2}, Fred CHU-KOO^{1,2}, Luciano RODRIGUEZ^{1,2}, Carlos CHÁVEZ¹, Alfonso BERNUY^{1,2}, Teddy BARBARÁN^{1,2}, Salvador TELLO¹, Jesús NUÑEZ³

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos. fab_001@hotmail.com
- 2 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Escuela de Post-grado. Maestría en Acuicultura. Cátedra CONCYTEC.
- 3 Institut de Recherche pour le Développement - IRD. UR 175.

RESUMEN

El zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*) es una especie íctica importante que se comercializa como pez ornamental en el mercado de Iquitos, básicamente con fines de exportación. Su captura se realiza, principalmente, en el río Amazonas y su oferta es escasa, por lo que tiene precios altos que llegan a los 70 dólares estadounidenses. Por esta razón, ejemplares juveniles y adultos vienen siendo criados en estanques para la producción de alevinos mediante técnicas de reproducción inducida. Durante el proceso de cría en estanques, se observó la presencia del crustáceo *Argulus pestifer* parasitando al zúngaro tigrinus, preferentemente, en el dorso de la región cefálica, con una prevalencia del 100% y una intensidad de parasitismo de 12 a 30 parásitos por individuo (N=8) en estanques de acuicultura del IIAP Quistococha. En individuos manejados en estanques de tierra abastecidos con aguas negras se observó que la infestación por parásitos produce erosiones de la piel, con pérdida del mucus y del epitelio, hasta la exposición de los huesos de la región cefálica, disminuyendo las condiciones fisiológicas del pez, hasta producirle la muerte. El factor de condición promedio de los individuos parasitados fue variable entre 0.43 y 0.56, mientras que, en individuos procedentes del medio natural, capturados recientemente, se observó un factor de condición de 0.77 ± 0.12 , diferencia que, podría deberse al parasitismo por *A. pestifer*. El presente trabajo es el primer reporte de parasitismo por *A. pestifer* en esta especie de bagre amazónico en condiciones de cultivo

PALABRAS CLAVE: zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, *Argulus pestifer*, crustáceo, parásito, cultivo.

FIRST REPORT OF PARASITISM OF *Brachyplatystoma tigrinum* BY *Argulus pestifer*, IN AQUACULTURE

ABSTRACT

The Tiger-striped catfish (*Brachyplatystoma tigrinum*) is an important species traded as ornamental fish in the markets of Iquitos city, basically for export. Tiger-striped fishery is done mainly in areas next to Iquitos, in the Amazon River. It is a rare and low abundant catfish whose individual prices can reach up to 70 US dollars at Iquitos. For this reason, juveniles and adult individuals are being reared in fish aquaculture ponds at the IIAP facilities in Quistococha aiming to yield viable fingerlings through artificial spawning (induced breeding) techniques. During its culture in ponds, it was recorded a parasitic crustacean, *Argulus pestifer*, infesting juvenile and adult *B. tigrinum*, mostly in the top of the cephalic region of the fishes. All fish were infested (100% prevalence), being recorded between 12 and 30 parasites for each fish (N=8). Parasitic infestations provoked skin erosions, loss of mucus and epithelium, and cephalic bone exposition, decreasing the physiological conditions of the fishes and finally leading to death. Condition factor of the infested fish ranged from 0.43 to 0.56; meanwhile in wild individuals recently captured, this parameter averaged 0.77 ± 0.12 , a difference that could be attributed to parasitism by *A. pestifer*. This study is the first report of parasitism by *A. pestifer* in this catfish species in aquaculture.

KEYWORDS: Tiger striped catfish, *Brachyplatystoma tigrinum*, *Argulus pestifer*, crustacean, parasite, culture.

El zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*), es un bagre de la familia Pimelodidae que vive en las zonas de corriente de los grandes ríos de la Amazonía peruana (Ortiz & Iannacone, 2008). Esta especie es capturada en lugares cercanos a Iquitos, en las zonas de costa brava, con agua corriente, con alto contenido de sólidos en suspensión, pH neutro y altos niveles de oxígeno disuelto. Por la vistosidad de su coloración y escasa captura adquiere precios de hasta 70 dólares por individuo, para su comercialización, como pez ornamental, en el mercado de Iquitos (Perú).

En febrero de 2008 se inició la cría de este pez en un estanque de aguas negras del Centro de Investigaciones de Quistococha del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Las aguas de dicho estanque tuvieron un pH de 6.5 y fueron enriquecidas con peces de porte pequeño como presa, que en el mercado de Iquitos se ofertan con el nombre de mojaras. Un total de 25 ejemplares de zúngaro tigrinus fueron adquiridos progresivamente, de pescadores que los capturaron en el río Amazonas, en las proximidades de Iquitos y, que al momento de su siembra en el estanque, no se observó la presencia de parásitos. Los ejemplares fueron criados con el propósito de preparar reproductores para los experimentos de reproducción inducida, en el marco del subproyecto “Reproducción inducida, manejo de alevinos y uso sostenido del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) en la Amazonía peruana”, financiado por INCAGRO. En el presente artículo se reporta la infestación del pez *Brachyplatystoma tigrinum* por *Argulus pestifer*

(Crustácea), como una contribución al conocimiento de esta importante y poco conocida especie íctica.

Antes de la siembra, cada ejemplar de zúngaro tigrinus fue marcado con un chip electromagnético (Pit Tags) implantado en la región dorsal del cuerpo, delante del origen de la aleta dorsal, con fines de reconocimiento individual.

El estanque de cría estuvo dividido en cuatro unidades, cada una de 800 m² con una profundidad promedio de 1.2 m. En una de las unidades se cría el tigrinus y en las tres unidades restantes se cría, doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y tigre zúngaro *P. tigrinum*, pertenecientes también a la familia Pimelodidae.

Mensualmente se realizó el control de crecimiento en longitud y en peso y un monitoreo del factor de condición debido a que se detectó signos de pérdida de peso y la presencia de parasitismo por *Argulus pestifer* (Crustácea) observado con anterioridad en *P. fasciatum* y *P. tigrinum*, manejados en el mismo estanque de cultivo. Los ejemplares de *Argulus pestifer* se localizaron preferentemente en el dorso de la regióncefálica (Figura 1), con una prevalencia del 100% y una intensidad de parasitismo de 12 a 30 parásitos por individuo (N=8).

El parásito *A. pestifer* alcanza un tamaño de 17 mm de longitud por 14 mm de ancho, tiene una forma aplanada y, en la región ventral, presenta una serie de estructuras que le permiten la fijación al hospedador, entre ellas, las ventosas, los apéndices bucales y las patas, provistas de largas uñas (Figura 2).



Figura 1. *Argulus pestifer* parasitando *Brachyplatystoma tigrinum* criado en estanque. Nótese la piel, de color blanquesino grisáceo erosionada en la regióncefálica.

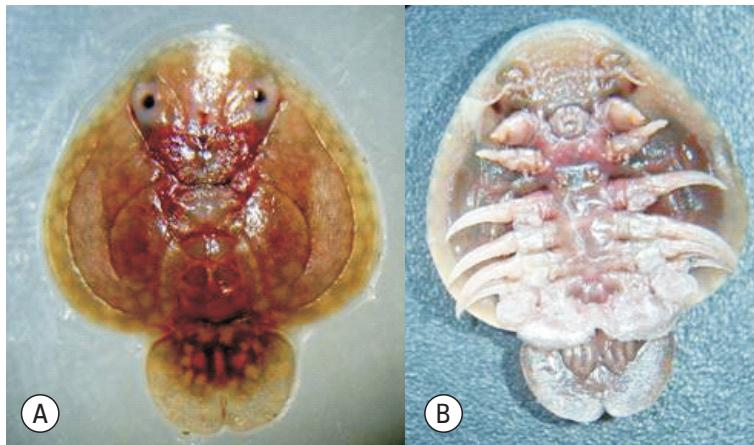


Figura 2. Vista dorsal (A) y ventral (B) de *Argulus pestifer* (Crustácea) luego de su extracción mecánica a partir de ejemplares de zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*) infestados.

El parásito produce erosiones en la piel, con pérdida de mucus y tejido epitelial, hasta la exposición del hueso de la región cefálica, disminuyendo el estado fisiológico general del pez. En uno de los individuos marcados, en cultivo, del cual fueron extraídos 30 parásitos, en forma mecánica y, mediante la intervención de dos operadores, se comprobó su muerte 20 días después de este hecho, lo que demuestra la agresividad del parásito, sin descartar la influencia del estrés adicional producido por la extracción mecánica de los parásitos, aunque esta operación haya sido rápida.

El factor de condición promedio de los tigrinus observados ($N = 8$) fue menor que 1 y variable entre 0.43 y 0.56 durante seis meses que, se considera bajo y se atribuye, en gran medida, al parasitismo por *A. pestifer*, sin descartar la calidad de agua, diferente a la de su medio natural. Esta afirmación se sustenta en el hecho que, en individuos recientemente capturados en el río Amazonas, se observó un factor de condición de 0.77 ± 0.12 ($N = 30$), mayor que el de los individuos que se viene criando en los estanques (Alcántara *et al.*, *en prensa*).

Si bien el mismo parásito fue observado en *P. fasciatum* y *P. tigrinum*, criados en el mismo estanque, solo en *Brachyplatystoma tigrinum* se observó un alto nivel de infestación, por lo que, se presume, una mayor susceptibilidad en esta especie que, puede haber sido

influenciada por la calidad de agua del estanque. Malta (1983) reporta un alto grado de especificidad parasitaria en *A. pestifer*, restringida a un único género de peces, *Pseudoplatystoma* y a dos especies en particular (*P. tigrinum* y *P. fasciatum*). Adicionalmente, el autor indica alta preferencia de *A. pestifer* por la región cefálica. En este sentido, nuestras observaciones constituyen el primer reporte de parasitismo de *A. pestifer* en *Brachyplatystoma tigrinum* y a la vez, confirmamos la alta preferencia del parásito por la región cefálica, reportada por Malta (1983) y Malta & Varela (2000).

Malta (2001), en Mathews (2008), indica que, cuando los peces son sometidos a grandes niveles de estrés resultantes de la captura, transporte, manipuleo, altas densidades, calidad del agua con exceso de compuestos tóxicos, baja cantidad de oxígeno, pH y temperaturas con grandes variaciones, alimentación inadecuada y personal no capacitado, alteran la homeostasis del pez tornándolo más sensible y menos resistente a los patógenos surgiendo infestaciones masivas en los peces de cultivo.

Kabata (1985), menciona que la línea protectora de la piel puede ser destruida por daños mecánicos o por la acción de parásitos y que estas lesiones pueden servir de entrada para infecciones secundarias de bacterias y hongos.

Reichenbach-Klinke (1980), a su vez, indica que, entre los *Branchiura*, son las especies del género *Argulus* las más conocidas y temidas, destacando sobre todas *Argulus foliaceus* L., o piojo de la carpa. El parásito tiene forma de escudete plano, en cuya parte inferior se ven los ojos, el estilete, las antenas dotadas de ganchos-pinzas y las ventosas. La aleta caudal bigémima sirve para diferenciar las especies.

Por su parte, Petracini (2001), señala que, los *Argulus* tienen una trompa provista de un instrumento picador, bien visible, formado por dos mandíbulas y por las maxilas que se ubican entre ambos ojos. Esta trompa, contiene una glándula productora de toxinas que está rodeada por un tubo que introduce en la herida y sirve como instrumento suctorio de la sangre y jugos tisulares.

Nobre *et al.* (2003), estudiaron los ectoparásitos de las pirañas *Pygocentrus nattereri*, *Serrasalmus spilopleura* y *S. marginatus* procedentes de ambientes lóticos y lóticos de la región del Pantanal, Brasil, reportando cuatro especies de crustáceos branchiuros infestando el 30 % de las pirañas, *Dolops carvalhoi*, *Argulus elongatus*, *Argulus* aff. *juparanaensis* y *Dipterolpetis hirundo*, que representan nuevos hallazgos en la relación hospedador parásito, en el Neotrópico.

Como medida de control se aplicó baños de solución salina a una concentración de 30 000 ppm por cinco minutos, de acuerdo a Hoffman y Meyer (1974), observando el desprendimiento de algunos parásitos, más no su muerte, con lo cual, se optó por desprender mecánicamente a los parásitos restantes con pinzas, de acuerdo a Petracini (2001, *op.cit.*).

Roberts (1981) indica que los parásitos externos como *Lernaea* y *Argulus* se pueden tratar con compuestos organofosforados, como el Masoten y el Neguvón, en dosis de 1 %, por dos a tres minutos pero, debido al desconocimiento de su biodegradabilidad, en algunos países está prohibido su uso. En este sentido, se requiere de pruebas adicionales para establecer las medidas de control, adecuadas para eliminar la presencia de estos parásitos.

El presente trabajo es el primer reporte de parasitismo por *A. pestifer* en esta especie de bagre amazónico. Los autores agradecen al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano - INCAGRO por el financiamiento del estudio.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Hoffman, G.; Meyer, F. 1974. *Parasites of Freshwater Fishes. A Review of their control and treatment*. T. F. H. Publications, Inc. Ltd. 224 p.
- Kabata, Z. 1985. *Parasites and diseases of fish cultured in the tropics*. Ed. Taylor & Francis, Philadelphia, USA. 318 p.
- Mathews, D.P. 2008. *Fauna parasitaria de juveniles de paiche Arapaima gigas (Schinz, 1822) cultivados en estanques de piscicultura del IIAP*. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 57 p.
- Malta, J.C.O. 1983. Os argulídeos (Crustacea: Branchiura) da Amazônia Brasileira. 4. Aspectos da ecología de *Argulus multicolor* Stekhoven, 1937 e *A. pestifer* Ringuelet, 1948. *Acta Amazonica*, 13(2):489-496.
- Malta, J.C.O.; Varela, A.M.B. 2000. *Argulus chicomendesi* sp. n. (Crustacea: Argulidae) Parasita de peixes da Amazonia Brasileira. *Acta Amazonica*, 30(1):481-498.
- Nobre, C.L.; Del-Claro, K.; Takemoto, R.M. 2003. Host-parasite interaction between branchiurans (Crustacea: Argulidae) and piranhas (Osteichthyes: Serrasalminae) in the Pantanal wetland of Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 67: 289-296.
- Ortiz, N.; Iannaccone, J. 2008. Estado actual de los peces ornamentales amazónicos del Perú que presentan mayor demanda de exportación. *Biologist*, 6(1):54-67.
- Petricini, R. 2001. Enfermedades de los peces: *Argulus*. <http://www.elacuarista.com/secciones/enfermedades9.htm>. Visitado el 10 de junio de 2008.
- Roberts, R. 1981. *Patología de los peces*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. P 317.
- Reichenbach-Klinke, H. 1980. *Enfermedades de los peces*. Traducción de la segunda edición alemana por Jaime Esain Escobar. Editorial Acribia. Zaragoza. España. p. 310-312.

NORMAS EDITORIALES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN LA REVISTA FOLIA AMAZÓNICA

La Folia Amazónica es la revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana y tiene como objetivo publicar artículos científicos resultantes de investigaciones originales preferencialmente relacionadas con la biodiversidad amazónica, Agua y recursos acuícolas, manejo de bosques y servicios ambientales, ordenamiento territorial y ambiente, cambio climático, cultura, comunicación y economía amazónica.

La presentación de trabajos para publicación se realiza sólo en formato electrónico, en la dirección: folia.amazonica@iip.org.pe

Los autores están obligados a verificar el cumplimiento de las normas antes de someter sus trabajos al comité editorial, Los artículos que no cumplan con las normas serán devueltos a los autores. La presentación del trabajo debe estar acompañada de una carta, indicando:

- a) que los datos contenidos en el trabajo son originales y precisos;
- b) que todos los autores participaron de forma sustancial y están preparados para asumir responsabilidad pública por su contenido, es decir la veracidad de las informaciones contenidas en el artículo es de responsabilidad exclusiva de los autores;
- c) que el trabajo presentado a esta revista no está siendo publicado, en su totalidad o en parte, por otra revista;
- d) que el trabajo no está siendo remitida para publicación en otra revista. La carta de sumisión debe ser colocada en el sistema de la Revista como "documento complementario".

NORMAS:

El archivo que contiene el texto, tablas y figuras debe escribirse en la extensión .RTF (Rich Text Format) o .DOC (Microsoft Word), teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Los artículos pueden ser escritos en español, portugués e inglés.
- La extensión máxima del trabajo es de 26 páginas incluyendo bibliográfica citada, tablas, figuras y leyendas.
- Los artículos adecuados a las normas de la revista serán direccionalos a los miembros del comité editorial, quienes harán un análisis preliminar del artículo teniendo en cuenta la relevancia científica y la inteligibilidad del trabajo. En esta etapa, trabajos considerados fuera del contexto, de poca relevancia o que no alcanzan un mínimo de calidad serán denegados por los miembros del comité editorial. Los trabajos seleccionados serán encaminados a los revisores científicos, especialistas del área.
- Un manuscrito será considerado “aceptado para publicación” cuando obtenga la opinión positiva de por lo menos dos evaluadores. La aprobación de los trabajos estará basada en el contenido científico y en la presentación adecuada a las normas de la revista.
- Los trabajos que necesiten correcciones, retornarán a los autores para que procedan a las modificaciones sugeridas por los revisores. El trabajo corregido debe ser retornado al comité editorial en un plazo de dos semanas, destacando las modificaciones realizadas, o con las razones para no incorporar los cambios que se consideran inaceptables. La respuesta de los

autores a los evaluadores debe ser realizada de forma detallada y separadamente. Todo el proceso es electrónico.

- La secuencia del artículo científico aparecerán en el siguiente orden: Título, Resumen, Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión (o Resultados y Discusión), Conclusiones (opcional), Agradecimientos (opcional) y Bibliografía Citada. Las notas científicas deben ser escritas en secuencia única, sin separar tópicos, pero deben contener: Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión; es aceptable un máximo de dos figuras y dos tablas.

Datos de los autores: Los nombre(s) del(os) autor(es), debe escribirse con el(los) apellido(s) en letras mayúsculas. Institución(es) donde laboran los autores, con la dirección completa, e-mail del(os) autor(es) para correspondencia.

NOTA IMPORTANTE: Los trabajos que no estén de acuerdo con estas instrucciones NO serán aceptados.

FORMATO Y ESTILO

Los trabajos deben ser preparados en editor de texto (con extensión DOC o RTF), utilizando la fuente “Arial”, tamaño 12 pt y espaciamiento doble, con márgenes de 3 cm. Las páginas y las líneas deben ser numeradas. Las tablas y figuras deben ser insertadas al final del texto, en ese orden.

- a) Título: centrado, primera letra de la oración con mayúscula.
- b) Resumen con hasta 250 palabras contenido, de forma sucinta, los objetivos de la investigación, los métodos analíticos o de observación, los principales descubrimientos o resultados y las principales conclusiones, enfatizando aspectos importantes del estudio u observaciones. El nombre científico de las especies y términos en latín será presentado en cursiva. En el caso de trabajos en español o portugués, incluir Abstract.
- c) Palabras-clave. Deben ser proporcionados de tres a cinco términos. En el caso de trabajos en portugués o inglés, incluir Key words.
- d) Introducción. Debe enfatizar la finalidad del estudio y proporcionar un breve resumen, de los estudios anteriores relevantes, además de especificar cuales son los avances que se pretende alcanzar mediante la investigación. NO debe incluir los datos o conclusiones del trabajo en referencia.
- e) Material y Métodos. Debe contener, de forma resumida y clara, suficientes informaciones para explicar los procedimientos realizados y permitir que el estudio sea repetido por otros investigadores. Técnicas estandarizadas bastan ser referenciadas. Las unidades de medidas y sus abreviaciones seguirán el Sistema Internacional y, cuando necesario, debe constar una lista con las abreviaciones utilizadas. Material testigo (voucher) debe ser depositado en una o más de una colección científica e informada en el manuscrito.

Aspectos Legales y Éticos: Al describir experimentos relacionados a temas humanos, indicar el Comité de ética en el cual el trabajo fue aprobado (Ministerio de la Salud) y el número del protocolo de aprobación por el referido Comité. Trabajos cuya naturaleza exijan otros permisos específicos de carácter ético o legal (SERNAM, Dirección de flora y fauna, otros) debe ser informado el número de registro de la autorización, fecha de publicación o el número del protocolo.

- f) **Resultados.** Deben indicar una descripción concisa sobre las informaciones descubiertas, con el mínimo juzgamiento personal. No repetir en el texto todos los datos contenidos en las tablas y figuras. Números deben estar separados de unidades. Por ejemplo, 60 °C y NO 60°C, excepto para porcentaje (por ejemplo, 5% y NO 5 %). Utilizar unidades y símbolos del sistema internacional y simbología exponencial. Por ejemplo: cmol kg⁻¹ en lugar de meq/100g. Los decimales deben ser separados con punto y no con coma (por ejemplo 23.50 y no 23,50).
- g) **Discusión.** Debe limitarse al significado de los resultados y relacionarlos a las informaciones existentes, preferencialmente, más recientes. Solamente citaciones indispensables deben ser incluidas. A criterio de los autores los resultados y discusión pueden ser presentados en conjunto.
- h) **Conclusiones (Tópico opcional).** Los resultados alcanzados en el estudio pueden ser enfatizados separadamente en este tópico o estar implícitos en la discusión.
- i) **Agradecimientos (Tópico opcional).** Deben ser breves e concisos.
- j) **Bibliografía Citada.** Serán presentadas al final del texto en secuencia alfabética y deben restringirse a las citaciones que aparecen en el texto. En esta sección, los nombres de las revistas deben ser citados por extenso.

Vea por favor los siguientes ejemplos:

Artículos científicos:

Albert, J.S.; Lovejoy, N.R.; Crampton, W.G.R. 2006. Miocene tectonism and the separation of cis- and trans-andean river basins: evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21: 14–27.

López-Parodi, J., Freitas, D. 1990. Geographical aspects of forested wetlands in the lower Ucayali, Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 33/34(1-4): 157-168.

Montoya-Burgos, J.I. 2003. Historical biogeography of the catfish genus Hypostomus (Siluriforms: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 12: 1855–1867.

Tesis:

Velazco, E. 2004. *Estabilidad del ácido ascórbico en productos elaborados de camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh)*. Tesis de pre-grado, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Pucallpa, departamento de Ucayali, Perú. 65pp.

Libros:

Gonzáles, A. 2007. Frutales nativos amazónicos: patrimonio alimenticio de la humanidad. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. 76pp.

Alcántara, F.; Wust, W.H; Tello, S.; Rebaza, M.; Del Castillo, D. 2006. *Paiche el gigante del Amazonas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos. 69pp.

Capítulos de libros:

Rebaza, M.; Rebaza, C.; Deza, S. 2006. Avances en el cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en jaulas flotantes en el Lago Imiría, Perú. In: Renno, J. F.; García-Dávila, C.; Duponchelle, F.; Núñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 169-172.

Citaciones de revistas electrónicas:

Mujica, P.; Mesa, G. 1997. Impacto ambiental del tratamiento de residuos sólidos en Mocoreta. (www.ilustrados.com/publicaciones/EEEyyAAEZFzqmCCYNJ). Acceso: 19/05/2009.

Citaciones en el texto:

En el texto, la citación de las referencias bibliográficas seguirá el orden de autores y fechas, obedeciendo el siguiente patrón:

- Un autor: Delgado (1994) o (Delgado, 1994).
- Dos autores: Castro & Dávila (2005) o (Castro & Dávila 2005).
- Tres o más autores: Zegarra *et al.* (2001) o (Zegarra *et al.*, 2001).
- Cuando hay más de una referencia para un mismo párrafo, citar en orden cronológica y alfabética, separadas por punto y coma. Por ejemplo:
Castro *et al.*, 1991; Ferreira *et al.*, 2001 ó (Fonseca *et al.*, 1991; Ferreira *et al.*, 2001).

FIGURAS

- Fotografías, ilustraciones y gráficos deben estar bien nítidos, con contraste alto y en blanco y negro, enumerados secuencialmente en algoritmo arábigo. La numeración y descripción de la figura deben estar en la posición inferior a ésta.
- Las figuras deben limitarse a un máximo de cinco (5) por artículo. La Comisión Editorial se reserva el derecho de configurar el material ilustrativo de la forma más económica, desde que no perjudique su presentación.
- Las escalas deben ser indicadas por una línea o barra en la figura y referidas, si necesario, en la leyenda (por ejemplo, barra = 1 mm).
- La citación en el texto puede ser realizada en forma directa o indirecta (entre paréntesis) con letra inicial mayúscula. Ejemplo: Figura 1 o (Figura 1). En la leyenda, seguida de dos puntos antes del título. ejemplo: “Figura 1: Análisis del contenido de ácido ascórbico en frutos de camu camu”.
- Figuras que hayan sido publicadas anteriormente deben contener informaciones de la fuente y el permiso para la reproducción.
- Fotografías e ilustraciones (BITMAP) deben estar en formato TIF o JPEG, en alta resolución (mínimo de 300 dpi). En ilustraciones y gráficos (vectoriales), utilizar el formato EPS, CDR, AI o WMF. Fotografías e ilustraciones en general (figuras) deben ser insertadas al final del texto.
- Fotografías deben estar preferencialmente en blanco y negro. Fotografías coloridas pueden ser admitidas, por lo tanto, los costos de impresión correrán por cuenta de los autores.

TABLAS

- Las tablas deben ser de alta calidad y enumeradas secuencialmente en número arábigo. El número máximo de tablas es de cinco. La numeración y el título (breve y descriptivo) deben estar en la parte superior de la tabla. Puede haber notas de rodapié.
- Tablas deben ser elaboradas en editores de texto (RTF o DOC), y no pueden ser inseridas en el texto como figura.
- La citación en el texto puede ser realizada en la forma directa o indirecta (entre paréntesis) y siempre deberá ser extenso, con inicial mayúscula. Ejemplo: Tabla 1 o (Tabla 1). Por lo tanto, en la leyenda, la citación deberá estar por extenso, seguida de dos puntos antes del título. Ex: “Tabla 1: Análisis...”.

INFORMACIONES ADICIONALES

Es reservado para la Folia Amazónica el derecho de efectuar alteraciones de orden normativa, ortográfica y gramatical en los originales de los trabajos, con vistas a mantener el patrón culto de la lengua, respetando, por lo tanto, el estilo de los autores.

Después de editar, las pruebas finales serán enviadas a los autores para la corrección, restricta a errores de composición, y deben retornar a la producción editorial en la fecha estipulada. Otros cambios en el trabajo original no serán aceptados en esta fase.

- El primer autor recibirá 10 copias del artículo publicado.
- La Acta Amazónica no cobra tasas para publicación.

Informaciones adicionales y aclaraciones en eventuales problemas técnicos pueden ser solicitados al editor principal e-mail: lgutierrez@iip.org.pe

ACUICULTURA

- Carmela REBAZA, Miguel VALDIVIESO, Mariano REBAZA, Fred CHU-KOO. Análisis económico del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada comercial en ucayali.....7

- Rómulo CASANOVA-FLORES, Fred CHU-KOO. Evaluación del polvillo de malta de cebada, *Hordeum vulgare*, como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*).....15

- Fernando ALCÁNTARA, Fred CHU-KOO, Luciano RODRÍGUEZ, Carlos CHÁVEZ, Salvador TELLO, Jesús NUÑEZ. Relación longitud-peso y el factor de condición del zúngaro *tigrinus* *Brachyplatystoma tigrinum* del río Amazonas, Loreto, Perú.....23

- Magaly DEL RISCO, Javier VELÁSQUEZ, Manuel SANDOVAL, Palmira PADILLA, Luis MORIPINEDO, Fred CHU-KOO. Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de Paiche, *arapaima gigas* (Shinz, 1822).....29

BOTÁNICA

- Claudia MERINO-ZEGARRA, Pedro VÁSQUEZ-OCMÍN, Martha MACO, Dennis DEL-CASTILLO, Guillermo VÁSQUEZ, Danter CACHIQUE, Antonio PASQUEL y Víctor SOTERO. Caracterización química de nueve accesiones de *Plukenetia volubilis* L. de los departamentos de Loreto y San Martín.....39

CIENCIAS FORESTALES

- Wilson GUERRA, Manuel SOUDRE, Marco CHOTA. Tabla de volumen comercial de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* mart.) de las plantaciones experimentales de Alexander Von Humboldt, Ucayali, Perú.....47

- Federico YEPES, Dennis DEL-CASTILLO, Manuel SOUDRE, Julio SOPLIN, Jack CHUNG. Efecto del ácido indol 3 butírico y cascarilla de arroz carbonizada en el enraizamiento de estaquillas de caoba (*Swietenia macrophylla*) en cámaras de sub-irrigación en la amazonía peruana.....59

CIENCIAS SOCIALES

- Jorge GASCHÉ. Agricultura *vs.* horticultura, campesino *vs.* bosquesino, balance y proyección.....65

GENÉTICA

- Frank ASPAJO, Ángel RODRÍGUEZ, Mike CORAZÓN-GUIVIN, Luis Freitas, Dennis DEL-CASTILLO, Diana CASTRO, Mildred GARCÍA, Jean-François RENNO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Caracterización genética de los morfotipos de aguaje *Mauritia flexuosa* L. F. (arecaceae) y análisis de la variabilidad de tres poblaciones naturales en la amazonía peruana.....75

- Mike CORAZÓN-GUIVIN, Ángel RODRÍGUEZ, Danter CACHIQUE, Werner CHOTA, Guillermo VÁSQUEZ, Dennis DEL-CASTILLO, Jean-François RENNO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Diversidad genética en poblaciones naturales de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. (euphorbiaceae) en el departamento de San Martín (Perú).....83

- Carmen GARCÍA-DÁVILA, Mike CORAZÓN-GUIVIN, Diana CASTRO, Werner CHOTA, Ángel RODRÍGUEZ, Cesar DELGADO-VÁSQUEZ, Jean-François RENNO. Variabilidad genética de cinco poblaciones naturales de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc. Vaugh) de la amazonía peruana, evaluadas mediante DALP.....91

NOTA CIENTÍFICA

- Fernando ALCÁNTARA, Fred CHU-KOO, Luciano RODRIGUEZ, Carlos CHÁVEZ, Alfonso BERNUY, Teddy BARBARÁN, Salvador TELLO, Jesús NUÑEZ. Primer reporte de parasitismo de *Brachyplatystoma tigrinum* por *Argulus pestifer*, en acuicultura.....99

SUMARIO