

## Avances en ciencia y tecnología agropecuaria y desarrollo rural

Cienciagro Vol.1 Nr.1 (2011)

Predadores de plagas en cultivos andinos del altiplano  
Caracterización agronómica del plátano 'CV' "Enano Gigante" bajo manejo no convencional en Apatzingán Michoacán, México

*Álvarez H. et al. (1-8)*

Descripción anatómica perse y particularidades osteológicas del esqueleto apendicular de *Agouti Paca*

*Moreno M. et al. (27-38)*  
Descripción anatómica perse y particularidades osteológicas del esqueleto apendicular axial de *Agouti Paca*

*Moreno M. et al. (17-26)*

Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático

*Chilon E. (9- 16)*

Elaboración de bocaditos de Tunta, Maíz (*Zea mays*) amarillo duro y zanahoria (*Daucus carota*) procesados por extrusión

*Medina E. et al. (39-44)*

Determinación de la difusividad térmica en carne de Alpaca (*Lama pacos*) en congelación

*Ancco V. y Huamán C. (45-50)*

Análisis de la sostenibilidad de la producción de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el inter-salar boliviano

*Medrano E. et al. (51-60)*

Importancia del huerto casero en la seguridad alimentaria. Caso de la comunidad indígena Camëntsá del Valle de Sibundoy, Colombia

*Palacios y Barrientos J.C. (61-66)*



PAGINA EDITORIAL DE LA REVISTA

Título: CienciAgro  
Editorial: Instituto Agrario Bolivia  
Editor en Jefe: Dr. Juan Carlos Torrico Albino  
Dirección: Av. Kantutani N. 900 Of. 14L  
La Paz – Bolivia  
Casilla Postal 1557 LP-Bolivia  
E-mail: [info@institutoagrario.org](mailto:info@institutoagrario.org)  
Página-web: [www.institutoagrario.org/cienciagro](http://www.institutoagrario.org/cienciagro)  
Impresión: AGRARIO-Editorial  
Edición actual: Vol.1 Nr.1 (2011)  
ISSN 2077-317X  
Depósito Legal Bolivia: 4-4-144-09  
Foto portada: Pixabay

PANEL EDITORIAL

Dr. Juan Carlos Torrico Albino - Universidad de Ciencias Aplicadas Colonia - Alemania. Instituto de Tecnología en los Trópicos. Betzdorfer Str. 2. 50679 Cologne/Germany  
Dr. René Chipana Rivera - Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Calle Héroes del Acre 1850. La Paz-Bolivia.  
Dr. Marc J.J. Jansens - Universidad Friedrich Wilhelm Bonn. Facultad de Agronomía. Auf dem Hügel 6. D-53121 Bonn.  
Dra. Mónica Avilés - Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California, México.  
Dr. David Cruz Choque - Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Calle Héroes del Acre 1850. La Paz-Bolivia.  
Dr. Juan Carlos Barrientos - Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Av. Carrera 30 N° 45-03 Conmutador Bogotá.  
Dra. Magali García - Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Calle Héroes del Acre 1850. La Paz-Bolivia  
Dr. Luiz Roberto Calado - FEA-USP-Brasil. Avenida Professor Luciano Gualberto, 908 - Butantã - São Paulo/SP - 05508-010.  
Dr. Bruno Condori Ali. UMSA- Catholic University of Louvain. Place de l'Université B-1348 Louvain-la-Neuve-Belgium.  
Dr. René Rodolfo Ayala. Université Louis Pasteur de Strasbourg (Universidad de Estrasburgo). 24 rue Humann 67000 Strasbourg - Francia.  
Dr. Jürgen Pohlen. Universidad de Bonn. Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES). Auf dem Hügel 6. D-53121 Bonn.

COORDINACIÓN

Isabel Mallea y Verónica Escalante

EDICIÓN y DISEÑO

Carlos Andres Torrico, Alison Benavides

## Predadores de plagas en cultivos andinos del Altiplano Peruano

*Pests predators in Andean crops of the Peruvian Altiplano*

<sup>1</sup> Rosario Bravo y <sup>2</sup> Alfredo Loza

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias. Agrarias UNA Puno. rbravop@yahoo.com. <sup>2</sup> Facultad de Ciencias. Biológicas UNA-Puno. allozadc@yahoo.es

---

### Resumen

Se han evaluado poblaciones de predadores -Carábidos (Coleóptera)- en localidades de dos zonas agroecológicas, se usó durante un año (1997-98) trampas tipo Barber, registrándose 12 especies, tres de ellas identificadas a nivel de especies, seis a nivel de géneros y tres no identificadas. Las tres especies más comunes y abundantes en el altiplano de Puno son: *Notiobia schnusey* Van Emden, *Notiobia laevis bolivianus* Van Emden y *Meotachys*?sp., se ha encontrado que aproximadamente el 90% de las capturas corresponden a estas tres especies y en conjunto las nueve restantes hacen el 10%. Los picos poblacionales más altos se registraron en otoño (marzo-abril), coincidiendo con la época de cosecha de los cultivos. Se ha podido observar actividad restringida en el agroecosistema de papa, en cambio cultivos de quinua y cañihua no tienen efectos limitantes en sus poblaciones, se asume que tal comportamiento es debido a la mayor cantidad de labores agronómicas, en la producción de papa y la irregularidad del relieve, que incide en la disminución de refugios, principalmente para las dos primeras especies; en cambio *Meotachys*?Sp no muestra preferencia estadística por uno de los cuatro agroecosistemas, debido probablemente a su capacidad de vuelo que hace que supere las limitaciones del terreno.

**Palabras clave:** Predadores, Carabidae, Agroecosistemas, *Notiobia schnusey*, *Notiobia laevis bolivianus*, *Meotachis* sp

### Abstract

Predators population - Ground beetle or Carabids (Coleoptera)- have been evaluated in two agroecological areas; using for one year (97-98), Barber traps to monitor them. 12 species were registered: three of them identified as species, six of them as gender, and three non identified. The three most abundant and common species in the Altiplano (high plain) of Puno area: *Notiobia schnusey* Van Emden, *Notiobia laevis bolivianus* Van Emden y *Meotachys*?sp. It's been found that approximately 90% of those captured correspond to these three species, and the nine left are the remaining 10%. The highest population peaks have been registered in autumn (march-april), coinciding with harvest season. Restricted activity could have been observed in the potato agroecosystem; on the other hand the population of quinoa and cañihua don't have limiting effects in their populations. It is assumed that such behavior is due to the growing agronomical labors, potato production and the irregularity of the land. All of these aspects influence the reduction of the refuge mainly the two first species, on the other hand *Meotachis*?Sp doesn't show any statistical preferences for any of the four agroecosystems, probably because its fly capacity that makes it overcome land limitations.

**Keywords:** Predators, Carabidae, Agroecosystem, *Notiobia schnusey*, *Notiobia laevis bolivianus*, *Meotachis* sp

## INTRODUCCION

En la agricultura del Altiplano de Puno, los tubérculos y granos andinos son de gran importancia, básicamente para la alimentación de la población o para exportación; sin embargo su producción tiene que enfrentar algunos factores adversos, siendo uno de ellos el ataque de plagas de insectos, como es el caso endémico de “gorgojo de los Andes y polillas” que son plagas persistentes, consideradas como claves para el cultivo de papa (Bravo, 1999). Una alternativa viable a esta problemática es el control biológico con cualquiera de sus tres tipos de controladores biológicos –predadores, parasitoides o entomopatógenos- con el fin de disminuir poblaciones y daños de plagas (Cisneros, 1995); a pesar de ello esta alternativa no sería completamente viable, si se desconocen aspectos básicos de su identidad, biología, comportamiento, hábitos alimentarios y dinámica de sus poblaciones (Debach, 1977).

El control biológico es una de las estrategias que mejor se adecua a los principios de lo que se define como manejo Integrado de plagas, porque no interrumpe de manera alguna las relaciones ecológicas del medio, no crea resistencia en las plagas y no es tóxico para ninguno de los componentes del agroecosistema; en este sentido la protección de controladores biológicos naturales del medio tienden a disminuir las poblaciones de plagas; más aun si se tienen probados algunos niveles de eficiencia y se conocen las especies benéficas (Loza & Bravo 2001)

Actualmente el problema en el manejo de las plagas radica en el diseño de agroecosistemas que prevengan o supriman un complejo de plagas. Mientras se obtiene calidad, rendimiento máximo y daño ambiental mínimo, dichos objetivos pueden parecer conflictivos; sobre todo cuando se hace hincapié en el rendimiento y la calidad comercial; sin embargo el conflicto se puede evitar cuando los sistemas de manejo integrado de plagas, se coordinan en sistemas amplios que incluyan el manejo y uso de tierra y agua, conservación de recursos, protección ambiental y desarrollo socioeconómico (Altieri, 1996).

En el caso de cultivos andinos, se ha determinado que el potencial de control biológico son insectos predadores, principalmente de la familia Carabidae - Orden Coleóptera (Bravo, 2004), que son escarabajos que regulan poblaciones de insectos fitófagos, resultando un eslabón importante en la cadena trófica del sistema agrícola, por ser

predadores de “gorgojo de los Andes”, de “polillas” de papa y quinua y “gusanos de tierra”; sin embargo queda pendiente incidir sobre estrategias de refugio y conservación de estos insectos útiles (Loza & Bravo, 2001).

Tomando en cuenta tales consideraciones y teniendo como antecedente la presencia natural en los agroecosistemas de altiplano de escarabajos predadores, es que se presentan resultados respecto a la determinación de especies del complejo Carábidae, abundancia de especies; fluctuación poblacional y preferencia de cultivos.

## METODOLOGIA

Las evaluaciones se han realizado en el Centro de Investigación y Producción Camacani de la UNA-Puno, ubicado a 3820 msnm, distrito de Platería – zona agroecológica Circunlacustre- Estación Experimental Illpa del INIA, a 3,815 msnm en el Distrito de Paucarcolla -zona agroecológica Suni-.

### Monitoreo de las poblaciones

Para evaluar la fluctuación de las poblaciones de carábidos, se utilizaron trampas de caída tipo Barber, una trampa cada 100m<sup>2</sup>, acondicionadas a ras del suelo, con formol al 1.5% y un poco de detergente, a fin de tener la seguridad de mantener atrapados a los insectos; y para evitar que las trampas se colmen con agua de lluvia, se les acondicionó un techo de mica de 20 cm de diámetro a manera de paraguas. Fueron distribuidas aleatoriamente en zonas centrales de parcelas de papa, quinua o cañihua y campos con vegetación natural (testigo). Durante el tiempo de evaluación se evitó el uso de pesticidas y el recuento se realizó quincenalmente de junio 1996 a agosto 1997.

Se registró la procedencia y número de los individuos capturados, se los agrupó en base a caracteres morfológicos, para su posterior identificación. Identificación de especies: Las identificaciones de tribus y géneros se realizaron con la clave de Erwin (1991) y la identificación de las tres especies más abundantes fue confirmada por comparaciones con colecciones de carábidos de los Museos de Entomología de la Universidad Agraria La Molina y el Museo de Historia Natural de la Universidad San Marcos Lima.

### Cálculo de los índices de diversidad y dominancia

Se calculó el índice de diversidad de Simpson, basados en la siguiente fórmula: ( $D = 1/3p_i^2$ )

Donde:

D = Índice de diversidad  
 Pi = proporción del N° total de individuos de la especie i con respecto al total. Y el índice de dominancia de Berger-Parker: (D = Nm-Nt) (Franco et al 1989)

Donde:

D = Índice de dominancia  
 Nm = Número de la especie con máxima población  
 Nt = Número total de toda la población

Influencia del cultivo en poblaciones de carábidos y preferencia de hábitats: Para establecer la diferencia de poblaciones entre cada tipo de agroecosistema, entre especies o su interacción, se analizó con un diseño BCA con arreglo factorial 4x4 (cuatro agroecosistemas y cuatro especies abundantes), para cada zona agroecológica y durante el período fenológico de los cultivos, previa la transformación de datos a  $\sqrt{0+0.5}$

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Carábidos registrados e Índices de diversidad:** Se diferenciaron 12 especies, siendo tres comunes en ambas zonas agroecológicas (Tabla 1). Las especies más comunes y abundantes son:

*Notiobia (Anisotarsus) schnusey* Van Emden (fig. 1): Es el más grande de los carábidos encontrados, con una longitud de 13 a 14.5 mm, coloraciones iridiscentes entre negro, verde y azul metálico. Los machos con los tarsómeros de las patas anteriores y medias con numerosas setas blanquecinas. Son de actividad exclusivamente epigea y de costumbres gregarias para refugiarse; durante el día se les observa en actividad.

*Notiobia (Anisotarsus) laevis bolivianus* Van Emden (fig. 1): de 8 a 9.5 mm de longitud, de color negro brillante, cuerpo ancho, también

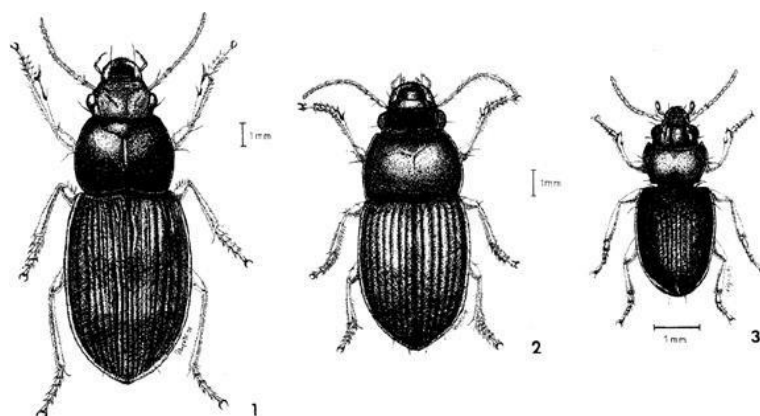
presentan setas a manera de escobilla, en los tarsos anterior y medio; de actividad netamente epigea, suelen ser gregarios para refugiarse, frecuentes en zonas algo alejadas del lago.

*Meotachys?* sp (fig. 1): son los más pequeños encontrados, con una longitud de 3.5 a 4 mm, de coloración café oscuro brillante, se caracterizan por tener el último segmento del palpo maxilar, más pequeño que el penúltimo, a manera de un pezón, las estrías elitrales notoriamente punteadas en toda su longitud.

En la tabla se puede además observar, que en cuanto a diversidad y de acuerdo al índice de Simpson, existe muy poca diferencia entre ambas zonas; pero por la abundancia de pocas especies, los valores son bajos.

**Tabla 1.** Poblaciones de Carábidos en dos zonas agroecológicas del altiplano de Puno

ESPECIES ENCONTRADAS	ILLPA			CAMACANI		
	N° capturas	%	Ocurrencia	N° capturas	%	Ocurrencia
<i>Notiobia schnusey</i>	476	43.8	Común	177	27.9	Común
<i>Notiobia laevis bolivianus</i>	404	37.2	Común	271	42.8	Común
<i>Meotachys?</i> Sp	118	10.8	Común	133	21.1	Común
<i>Gallerucidia?</i> Sp	12	1.1	Raro	4	0.6	Raro
<i>Loxandrus?</i> Sp A	55	5.1	Ocasional	4	0.6	Ocasional
<i>Loxandrus?</i> Sp B	8	0.6	Raro	43	6.8	Raro
<i>Pristonichus coriplanatus</i>	0	0	---	1	0.2	Raro
<i>Selenophorus?</i> Sp	4	0.4	Raro	0	0	Raro
<i>Oxycrepis?</i> Sp	2	0.2	Raro	0	0	Raro
No identificado 1	3	0.3	Raro	0	0	Raro
No identificado 2	4	0.4	Raro	0	0	Raro
No identificado 3	1	0.1	Raro	0	0	Raro
TOTAL	1087	100		633	100	
Total Especies Encontradas		11			7	
Índice de diversidad de Simpson		0.343			0.310	
Índice de dominancia Berger-Parker		0.436			0.428	



**Figura 1.** 1: *Notiobia* (*Anisotarsus*). 2: *Notiobia laevis bolivianus*. 3: *Meotachys* sp

### Abundancia de Especies por Zona Agroecológica

La abundancia de especies por zona agroecológica se observa en las figuras 2 y 3 respectivamente.

Siendo: *Notiobia schnusey*, la especie más abundante en Illpa, alcanzando un nivel de 44%, seguida de *Notiobia laevis bolivianus* 37%; en cambio en Camacani la especie más abundante resultó ser *Notiobia laevis bolivianus* 43% y en segundo lugar *Notiobia schnusey* 28% lo cual es ratificado con el índice de dominancia de Berger- Parker (tabla 1).

### Fluctuación poblacional por zona

La fluctuación poblacional por zona agroecológica se observa en la figura 7. Los picos más altos de poblaciones de adultos se dan durante el otoño y con mayores densidades poblacionales en Illpa que en Camacani.

### Influencia del cultivo en poblaciones de carábidos y preferencia de habitats

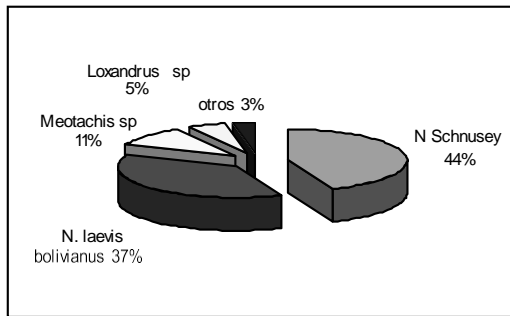
El ecosistema natural –testigo– presenta mayores densidades correspondientes al 31% en Illpa y al 49% en Camacani, seguido por los agroecosistemas de quinua y cañihua. En el agroecosistema de papa se registró las capturas más bajas (12%) en ambas zonas. Estos resultados coinciden con Zhang & Drumond (1992), quienes encontraron que poblaciones de *Harpalus rufipes* (Carabidae) eran menores en cultivo de papa comparado con campos de cebada, trébol y avena.

La producción de papa requiere de labores agronómicas profundas y más frecuentes que en quinua y cañihua, lo que puede ahuyentar a artrópodos epigeos entre ellos a carábidos. Se asume por lo tanto que en quinua y cañihua los predadores son menos afectados y menos aún en pasturas naturales, donde no se hacen labores agronómicas, ratificando con ello las afirmaciones de House & Hall (1981 y 1986), Brust *et al.* (1986) y Perfecto *et al.* (1986) al señalar que labores de labranza profunda, limitan la actividad de carábidos en los campos de cultivo.

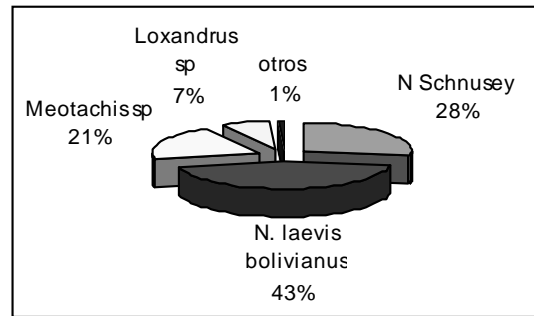
Sobre la preferencia de habitats, mediante una prueba Duncan, se interpreta que *Notiobia schnusey* tiene alta preferencia por campos de quinua y cañihua, e incluso mayor por pasturas naturales, en cambio muestran mínima actividad en campos de papa.

*Notiobia laevis bolivianus* presentó mayor preferencia por campos de pasturas naturales y en segundo lugar por quinua y cañihua, frecuentaron muy poco campos de papa.

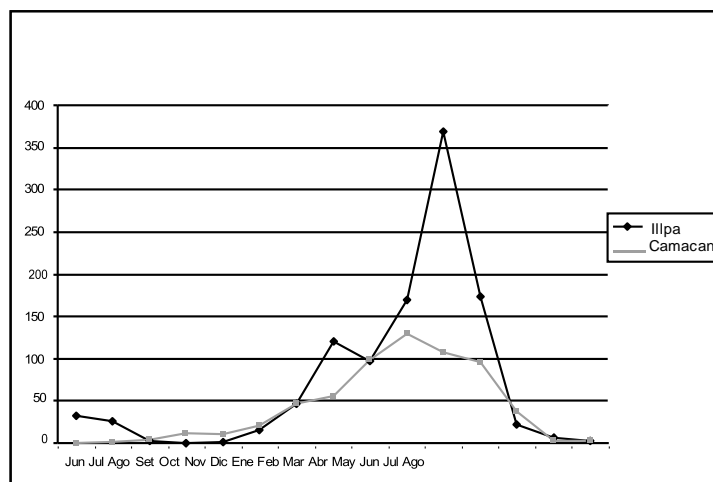
Por su parte *Meotachys* sp. Mostró no ser susceptible al tipo de cultivo, debido probablemente a dos causas: a) la capacidad de vuelo, que les permite evadir el relieve sinuoso de campos de papa y b) por la capacidad de recolonizar rápidamente después de la interferencia humana.



**Figura 2.** Abundancia de Especies en Camacani



**Figura 3.** Abundancia de especies en Illpa



**Figura 4.** Fluctuación poblacional de Carábidos en dos Zonas Agroecológicas de Puno

## CONCLUSIONES

De 12 especies de carábidos registrados, han quedado identificadas tres, que además son comunes y abundantes, seis identificadas a nivel de géneros y tres por identificar.

Las especies más abundantes son *Notiobia schnusey* y *Notiobia laevis bolivianus*.

Los incrementos poblacionales, se inicia a finales de la primavera que coincide con la siembra, alcanzando sus máximos picos a mediados del otoño (época de cosecha).

Campesinos con menores movimientos de tierra son más favorables para la actividad predatoria, por lo menos, de las especies más abundantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. 1996. Una alternativa dentro del sistema. Agroecología y Desarrollo sustentable. III Curso sobre Agroecología y Desarrollo Rural. CLADES. P 11- 22
- Bravo, R. 1992. Dinámica poblacional de insectos plaga en waru waru. Proyecto PIWA. Puno- Perú P: 135-151.
- Bravo, R. 2004. Entomología, conociendo a los insectos. Libro de consulta universitaria. FCA- UNA. Puno- Perú. 265 pp.
- Brust, G. 1986. et.al. Predators activity and predation in corn agroecosystems. Environ. Entomol. 15(5): 1017-1021.
- House, J. And J. All. 1981. Carabid Beetles in soybean agroecosystems. Environ
- Cisneros, F. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Lima- Perú. 313 pp.

- Debach, P. 1977. Lucha Biológica contra los enemigos de las plantas . Edición Mundiprensa. Madrid. 399 pp.
- Debach, P. 1987. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Edt. Continental S.A. Secsa. Mexico. P49 pp.
- Erwin, T. 1991. Natural History of the carabid Beetles at the Biolat Biological station , Rio Manú, Pakitza. Perú. Rev.Per. Ent. 33:1-85
- Franco, j. Et.al.1989. Manual de Ecología. Edit. Trillas, S.A. Impreso en México 266 pp.
- House, H. and J. All. 1981. Carabid beetles in soybean agroecosystems. Environ Entomol 10(2): 194-196.
- Loza A. & Bravo R. 2001. Poblaciones de carábidos en Agroecosistemas del Altiplano Peruano. Rev.Per.Ent. 42: 79-87
- Perfecto, I. Et.al.1986. Effects of plant diversity and density on the emigration rate of two ground beetles, *Harpalus pensylvanicus* and *Evarthrus sodalis* (Coleoptera:Carabidae) in a system of tomatoes and beans, Environ. Entomol. 15(5): 1028-1031.
- Zhang, J. & F. Drummond. 1992. Biology of *Harpalus rufipes*. Degeer in Maine. American Potatoe Journal (USA) . 69(9):617



## Biodiversidad de plantas en el borde amazónico putumayense: I. inventario

*Biodiversity of plants in the Putumayo Amazonian border: I. inventory*

<sup>1</sup> Mónica María Bustamante, <sup>1</sup> José O-Cardona, <sup>2</sup> Jair Loderman Burbano, <sup>2</sup> Jaime Alberto Castañeda-Farah, <sup>1</sup> Marco Eduardo Pachón

<sup>1</sup> Investigador grupo *BioGuavio/AgroUdeC*. Oficina del Sistema de Investigación/Universidad de Cundinamarca-Sede principal Fusagasugá-Cundinamarca. Tel. 0571 8732512 ext. 134. [jocardona@unicundi.edu.co](mailto:jocardona@unicundi.edu.co) <sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo Universidad de Cundinamarca

---

### Resumen

Se presenta aquí un inventario actualizado de flora predominante en ecosistemas silvopastoriles y agroforestales del borde occidental putumayense con el fin de conocer su estructura, diversidad, plantas útiles y su incorporación a sistemas productivos determinando su potencial etnobotánico. Los resultados muestran que de las especies colectadas e/o identificadas, existen 26.62% especies arbustivas selváticas, 8.97% arbustos, 33.97% áreas cultivadas y mosaicos de vegetación natural, 4.45% de sabana y 20.83% en pasturas. Los índices ecológicos obtenidos fueron: Diversidad (Shannon=2.8124), Dominancia (Simpson=0.1141), Riqueza (Margalef=7.4282). La tasa de deforestación se estimó en -0.08%. En los ecosistemas transformados predominan los agroecosistemas de cultivos mixtos y áreas con predominio de pastos y cultivos. Adicionalmente se evaluó la participación de la población local en el manejo y preservación de la biodiversidad dentro del área de estudio. El número total de especies vegetales halladas fue 70 con dominio de 55 especies. Este borde es sitio de conservación de una gran diversidad de plantas tanto silvestres como domésticas debido a uso en hogares. Se determinó que el borde amazónico estudiado es un sistema complejo con diversidad de plantas relativamente conservadas a través de su uso. El bosque basal amazónico constituye el 29.34 % de la superficie del país y es conocido como selva húmeda tropical, de las cuales 19.817,59 has. son Bosque Basal Amazónico-BBAM- ubicado en el macizo colombiano, específicamente en el municipio de Santa Rosa departamento del Cauca.

**Palabras clave:** inventario floral, índices ecológicos, flora amazónica

### Abstract

Abstract. Present report shows update inventory of diversity in forest ecosystems of the western border of the Putumayo with purpose of knowing its useful structure, diversity and some useful plants and their incorporation to productive systems determining its ethnobotanical potential. Results show that of the collected and identified species, 26.62% wild shrubs species, 8.97% shrubs, 33.97% cultivated areas and mosaic of natural vegetation, 4.45% of savanna, 20.83% in pastures. The ecological indices were: Diversity (Shannon=2.8124), Dominance (Simpson=0.1141) Richness (Margalef=7.4282). The deforestation rate was estimated in -0.08%. Mixed crops and pastures agro ecosystems prevail in transformed ecosystems. Participation of local population in management and preservation of biodiversity was extra evaluated. Whole plants species found was 70 with dominance of 55 species. This border is a conservation place a large diversity of both wild and domestic plants. It determines that Amazonian border is complex system with diversity of plant species relatively conserved across its enjoyment. The Amazonian basal forest constitutes 29.34 % of Colombia and is known like tropical humid forest, of which 19,817.59 you have are Basal Forest Amazonia-BBAM- located in the Colombian mass, specifically in Santa Rosa municipality Cauca department.

**Keywords:** floral inventory, ecological indices, Amazonian flora

## INTRODUCCIÓN

Los bosques amazónicos almacenan múltiples productos naturales entre los que se destacan gran variedad de alimentos, insumos medicinales y elementos para la producción artesanal y otros servicios (Vélez-O, 2000; Castro y Galán, 2003). Son además, refugio de numerosas especies de flora y fauna y constituyen un gran banco genético. Los efectos producidos por la tala para suplir la demanda de maderas con alto valor comercial constituyen parte de la problemática ambiental de esta región (Colorado, s.f.). Estos procesos extractivos causan pérdida irreversible de hábitat naturales y recursos genéticos, con efectos secundarios como la fragmentación, el desplazamiento de la fauna y la alteración de las cadenas tróficas (IDEAM-FAO, 2002). Igualmente, la tala, roza y quema de bosques con el objeto de establecer sistemas agrícolas y de ganadería se convierten en otra amenaza a estas selvas ya que erosionan los suelos, contaminan las aguas con los agroquímicos, reducen la biodiversidad e interrumpen los corredores biológicos naturales que permiten la dispersión de plantas y animales (IDEAM-FAO, 2002). La Amazonía o cuenca Amazónica comprende 7 millones de km<sup>2</sup> (700 millones de hectáreas), el componente selvático como tal ocupa alrededor de 5.5 millones de km<sup>2</sup> (IDEAM-FAO, 2002), localizados dentro de ocho naciones (Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Guyana y Suriname).

El objeto fundamental del trabajo consistió en realizar un levantamiento de flora y caracterización de componentes (riqueza, diversidad, dominancia y composición) en áreas de pastizales y agroforestales del borde occidental al amazónico, generando información que contribuya al enriquecimiento de la utilidad de la flora en esta parte de la Amazonía. Además, determinar las especies con mayor abundancia y de importancia etnobotánica en ecosistemas agroforestales y pastizales de la frontera occidental del Putumayo y comparar la diversidad en las diferentes áreas de muestreo.

## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se localiza en el cuadrante con coordenadas -76.54/-76.83W y 0.88/1.17N de los municipios de Villagarzón (con 16 ecosistemas y ocho coberturas vegetales) y Puerto Caicedo (con 7 ecosistemas y nueve coberturas vegetales). El tiempo de estudio realizado se enmarcó en dos salidas de 10 días en dos épocas climáticas

diferentes, una en septiembre-noviembre (lluvias) de 2005 y otra en enero-febrero (periodo de transición) de 2006.

La fase de toma de datos en campo realizó dos tipos de actividades: 1-Colectas, que implicaron toma de muestras para el Herbario Nacional Colombiano-COL-, registros fotográficos, revisión bibliográfica y conteos de campo, 2- Ubicación de transeptos de 100m de largo por dos metros de ancho en cada una de las unidades de vegetación y colecta de diferentes componentes de la flora. Para el estrato herbáceo se realizaron parcelas de 2x2m, con reconocimientos de especies presentes, ubicando especies de estrato rasante (existentes) y registrando las abundancias por cada especie que hallada junto con la cobertura total. Paralelamente se colectaron muestras para su posterior identificación taxonómica.

A cada ejemplar colectado se le registró forma de desarrollo, diámetro a la altura del pecho, (DAP), coloración de los diferentes órganos de la planta y olor.

- Forma de desarrollo: definida según criterio morfológico botánico en: árboles (A): Arbóreo inferior de 10 a 25m y arbóreo superior mayor de 25m; arbolitos (a) con alturas hasta 10 m; arbustos (ar); arbustos (e) de 2 a 4.9m; herbáceo (h) de 0.5 a 1.9m; bejucos o lianas (l).

- Altura: estimar la altura visualmente.

- Diámetro a la altura del pecho (DAP). mediante cinta métrica convencional, se midió la circunferencia o perímetro a la altura del pecho (CAP), aproximadamente a 1.3 m por encima del suelo y transformada a DAP mediante la ecuación:

$$DAP = CAP / \pi$$

La agrupación de los datos DAP se muestra en la tabla 1.

**Tabla 5.** Agrupación de datos DAP

Categoría	entre	y
1	2.5	9.9
2	10.0	19.9
3	20.0	29.9
4	30.0	39.9
5	40.0	79.9
6	80.0	mayor

### Procesamiento de la información

A partir de una matriz en Excel se realizaron curvas acumulativas de especies por cada zona de muestreo usando presencia/ausencia de las especies, las cuales se compararon con las curvas de estimadores de riqueza Chao, Jackknife, Bootstrap (estimadores de riqueza basados en presencia) y de únicos y duplicados (especies que solo aparecen en una o dos de las muestras, respectivamente), utilizando el programa EstimateS 7.0.

Para cada especie en cada una de las zonas se calcularon los valores de densidad, frecuencia y dominancia relativa. Otro cálculo a realizar es el valor de importancia para las especies (IVI) y para las familias (IVF), que permiten observar el éxito ecológico (Matteucci & Colma, 1982; Rangel et al., 1995) de la siguiente forma:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\# \text{ de individuos de una especie o familia}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia} = \text{área basal de una especie o familia} = \pi / 4 (\text{DAP})^2$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{área basal de una especie o familia}}{\Sigma \text{ área basal todas las especies o familias}} \times 100$$

$\Sigma$  área basal todas las especies o familias

Densidad: Número de individuos en 100 m<sup>2</sup>.

Índices Ecológicos: para calcular la riqueza y diversidad se aplicaron los índices de riqueza, índice de Margalef (Mg), y los índices de diversidad de Shannon (H), y de Dominancia de Simpson (D).

El índice de Shannon y Wiener considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población “indefinidamente grande”, esto es, una población efectivamente infinita (Pielou, 1975). Este índice también asume que todas las especies están representadas en la muestra. Se calcula a partir de la ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$$

El índice de dominancia de Simpson (D) da la probabilidad de que dos individuos cualesquiera extraídos al azar de una comunidad infinitamente grande perteneciesen a diferentes especies como:

$$D = \sum_{i=1}^n p_i^2$$

La determinación taxonómica de los ejemplares se hizo mediante el uso de la literatura especializada para cada grupo botánico, floras locales y comparación con las muestras depositadas en el Herbario Nacional o Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico (CDA), Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (Corpoamazonia), Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena), Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales Nacionales (UAESPNN), Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Política Ambiental (DNP-DPA). Todas las muestras colectadas tendrán una serie de numeración de los integrantes del grupo. La ubicación taxonómica de las angiospermas se siguió el sistema de Cronquist (1981; 1988) y para pteridofitas el de Tryon & Tryon (1982).

Sobre las Unidades de paisaje: Gran paisaje. “Planicies Disectadas Plio-pleistocénicas Amazónicas Sedimentarias. Tipo I; Gran paisaje. “Llanura aluvial del Río Putumayo (Río Andinense): a) Plano de inundación aluvial, b) Plano de inundación subfluvial, c) Valles aluvio-coluviales Tipo II; Unidad de paisaje Intervenida “Pista de Aterrizaje”, Tipo III, establecidas por Ruiz y Aguirre (2004).

### Inventario forestal

Se utilizó el método de inventario estadístico forestal conocido como sistemático en líneas con marco regular, en el cual se establecieron 24 parcelas de 2x2m. arrojando un área total de 4 metros cuadrados. Para la revisión del inventario estadístico se sortearon cinco parcelas (muestras) que representó el 10% del área total y sobre las cuales hizo la verificación (Corpoamazonia, 2006).

### RESULTADOS Y DISCUSION

En su origen, el estudio tuvo como fin dos componentes: a) inventario actualizado y b) estudio etnobotánico. En el área de trabajo se halló un extenso catálogo compuesto por 36 especies maderables y 21 herbáceas. Se estimó índice de abundancia y las muestras tomadas en campo fueron enviadas al Herbario Nacional colombiano -COL- para su identificación taxonómica.

### Borde externo o frontera de la Amazonía colombiana. Estimativo preliminar.

Su extensión se estimó en 1670 km. de los cuales 210 km. corresponde a la cuenca alta del Río Putumayo y 'probablemente' es la parte del étono borde amazónico mas intervenida y de mayor presión demográfica por unidad de área. Un calculo preliminar indica que ~33.400-40.080 km<sup>2</sup> de región-borde amazónico han sido intervenidos (no deforestado), equivalente a ~6.99-8.39% de la Amazonía colombiana. De este total, 1.65% (7893.75 Km<sup>2</sup>/477274 Km<sup>2</sup>) de la Amazonía colombiana transformada del étono borde occidental amazónico corresponde a la cuenca alta del río Putumayo. Los cálculos fueron realizados usando imágenes de satélite y mapas regionales a escala usando SAS/GIS/ET S.

### Inventario floral y caracterización de componentes (riqueza, diversidad, dominancia y composición)

Los resultados generales del estudio se resumen en la Tabla 1. La Tabla 2 enumera las diez familias de plantas de mayor importancia ecológica en el bosque estudiado de acuerdo con el Índice de Importancia Familiar (FIV). Este, se dividió en dos tipos de especies: (i) arbóreas (sistemas agroforestales y silvopastoriles) y (ii) no arbóreas o de pastizales (árboles asilados, conteniendo Arbustos, pastizales y áreas de producción agropecuaria). La zona de estudio pertenece al piso basal amazónico y aún mantiene características de selva basal amazónica y coincide con un paisaje caracterizado por la presencia de complejos de mesones con pendientes menores del 7% rodeados por vallecitos periódicamente inundables, con suelos muy ácidos y baja fertilidad (IDEAM, 2006).

**Tabla 1.** Inventario e índices de diversidad, dominancia y composición para dos ecosistemas, uno altamente intervenido (pastizales) y otra con formación de selva menos intervenida (sistema agroforestal)

Sitio	Muestreo	Especies (S)	Individuos		Shannon	Simpson	DMg	DMn	Simpson 1/D
			(N)						
Selva Natural	1	82	1063		3.38	0.06	11.62	2.52	16.96
Selva Natural	2	72	1077		3.30	0.06	10.17	2.19	15.47
Selva Natural	3	88	1646		3.35	0.06	11.75	2.17	15.65
Selva Natural	4	85	5060		2.54	0.23	9.85	1.19	4.44
Selva Natural	5	91	4325		2.03	0.36	10.75	1.38	2.80
Selva Natural	6	115	5473		2.79	0.19	13.24	1.55	5.16
Selva Natural	7	109	3341		3.40	0.06	13.31	1.89	16.43
Selva Natural	8	107	5511		2.41	0.24	12.30	1.44	4.19
Selva Natural	10	112	4764		2.87	0.13	13.11	1.62	7.90
Selva Natural	11	101	2665		3.07	0.10	12.68	1.96	9.92
Área intervenida	1	59	552		3.38	0.05	9.19	2.51	18.46
Área intervenida	2	54	851		3.11	0.06	7.86	1.85	15.43
Área intervenida	3	62	1564		2.98	0.09	8.29	1.57	11.14
Área intervenida	4	48	1289		2.65	0.14	6.56	1.34	7.22
Área intervenida	5	66	1892		2.54	0.16	8.61	1.52	6.28
Área intervenida	6	74	2154		2.98	0.09	9.51	1.59	11.75
Área intervenida	7	70	2165		2.82	0.10	8.98	1.50	9.90
Área intervenida	8	84	1793		3.12	0.08	11.08	1.98	12.91
Área intervenida	9	75	2190		2.95	0.08	9.62	1.60	11.79

**Tabla 2.** Inventario de especies arbóreas dominantes para los dos tipos de cobertura

Espe cie	Pastizal	Abundancia	Agroforestal	Abundancia
Achapo	20	0.0	51	0.3
Achotillo	91	0.2	65	0.3
Cauchillo	82	0.2	37	0.2
Peinemono	24	0.1	60	0.3
Nacedero	11	0.0	46	0.2
Sangretoro	53	0.1	89	0.5
Barbasco ahumado	41	0.1	49	0.3
Bilibil	54	0.1	25	0.1
Hobo de monte	72	0.2	64	0.3
Guarango Gualanday	18	0.0	48	0.3
Guamo churimo	22	0.0	4	0.0
Caimo amarillo	19	0.0	23	0.1
Caraño	19	0.0	15	0.1
Palo Cruz	14	0.0	45	0.2
Sangre Drago	12	0.0	15	0.1
Motilón	12	0.0	3	0.0
Barbasco grillo	53	0.1	51	0.3
Cacao silvestre	52	0.1	27	0.1
Morochillo	64	0.1		0.0
Sapotillo	19	0.0	22	0.1
Amarillo bongo	4	0.0	36	0.2
Puchico	30	0.1	1	0.0
Comino	22	0.0	2	0.0
Guarango Rosado	13	0.0	3	0.0
Higuerón	9	0.0	6	0.0
Caimitillo	14	0.0		0.0
Uva de monte	12	0.0	1	0.0
Cabo de hacha	10	0.0	1	0.0
Palo Brasil	5	0.0	1	0.0
Chirimoyo silvestre	5	0.0		0.0

### Tipos de cobertura

Estadística. La zona de estudio presenta dos tipos de cobertura: (i) área altamente intervenida con asentamientos urbanos con sistemas de producción agropecuaria y (ii) área menos intervenida de sistemas agroforestales y silvopastoriles, bosques y relictos secundarios. De acuerdo con el análisis de correlación se determinó que no existen diferencias dentro de las variables evaluadas con  $\alpha=5\%$  y correlación de 0.82 Para especies no arbustivas.

### Caracterización de componentes

**Abundancia.** En promedio, el número de árboles por hectárea en el área de estudio fue 509 ( $\pm 47$ ,

desviación estándar) y la parcela número uno presentó significativamente una mayor cantidad de individuos ( $\chi^2=8.3025$ , g.l.=2,  $p<0.01$ ). La familia de árboles más abundante fue Moraceae, la cual representa el 40% del total de individuos registrados, le siguen Fabaceae con 7.5% y Lauraceae con un 5.7% del total. El 46.8% restante del total de individuos se distribuye entre 37 familias más.

**Frecuencia.** Medida como el número de cuadrantes donde se presenta una especie, está relacionada indirectamente a la distribución espacial de las mismas. Un valor alto de frecuencia relativa implica que la especie se encuentra presente en la mayoría de cuadrantes, es

decir, que su distribución espacial tiende a ser homogénea. Las especies de mayor frecuencia relativa y por lo tanto, con una distribución espacial más homogénea, resultaron ser también, las especies más abundantes: *Pseudolmedia oxyphillaria* estuvo presente en el 93% del total de cuadrantes, *Clarisia racemosa* en el 76% y *Heisteria concinna* en el 53%. A nivel de cada parcela el patrón de distribución particular de estas especies difirió del patrón general, no obstante *P. oxyphillaria* se mantuvo como la más frecuente en las tres parcelas.

#### Distribución diamétrica.

La distribución general y por parcela de los individuos en las diferentes clases diamétrica muestra la forma característica de J-invertida. Los valores obtenidos en cada categoría fueron similares entre las tres parcelas ( $x^2=23.98$ ,  $g.l.=18$ ,

$.25 > p > .10$ ). La clase diamétrica menor (10-19.9 cm) contiene a la mayoría de árboles marcados, entre el 52-58% del total de individuos de cada parcela.

#### Diversidad.

Diez diferentes ventanas fueron mapeadas para el análisis de diversidad y cálculo de índices de diversidad. A partir de la matriz de datos de campo se estimó la diversidad con el índice de Shannon. Se estimó el índice de estructura genética GST (Nei & Li, 1979) que brinda información sobre diversidad genética entre poblaciones y es el equivalente multialélico del FST o índice de fijación de Wright. El valor total del índice de Shannon indicó diversidad alta para el sistema Agroforestal y baja para el sistema de pastizales (Tablas 1 y 3).

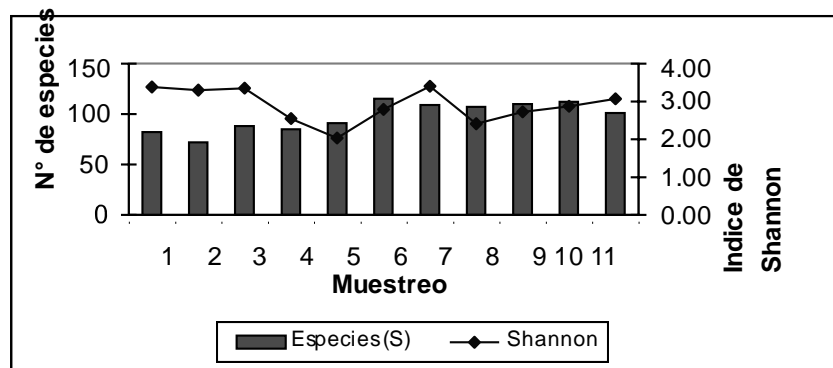


Figura 1. Índice de Shannon en área menos intervenida (Sistema agroforestal)

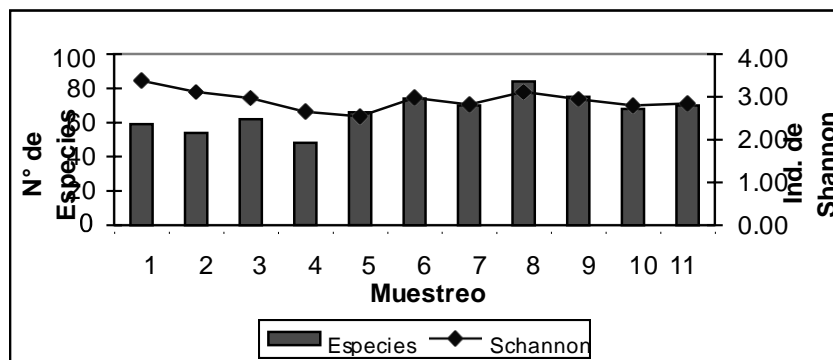


Figura 2. Índice de Shannon en área altamente intervenida (pastizales)

**Tabla 3.** Análisis comparativo de índices de diversidad en las diferentes áreas de muestreo

<b>Sistema forestal/ Conteo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Numero de especies (S)	82	72	88	85	91	115	109	107	110
Numero de individuos (N)	1063	1077	1646	5060	4325	5473	3341	5511	6544
índice de Shannon	3.38	3.30	3.35	2.54	2.03	2.79	3.40	2.41	2.72
Índice de Simpson	0.06	0.06	0.06	0.23	0.36	0.19	0.06	0.24	0.16
Índice de Simpson 1/D	16.96	15.47	15.65	4.44	2.80	5.16	16.43	4.19	6.18
Índice de Margalef DMg	11.62	10.17	11.75	9.85	10.75	13.24	13.31	12.30	12.41
Índice de Menhinick DMn	2.52	2.19	2.17	1.19	1.38	1.55	1.89	1.44	1.36

<b>Conteo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Pastizales									
Numero de especies (S)	59	54	62	48	66	74	70	84	75
Numero de individuos (N)	552	851	1564	1289	1892	2154	2165	1793	2190
índice de Shannon (1)	3.38	3.11	2.98	2.65	2.54	2.98	2.82	3.12	2.95
Índice de Simpson (2)	0.05	0.06	0.09	0.14	0.16	0.09	0.10	0.08	0.08
Índice de Simpson 1/D(3)	18.46	15.43	11.14	7.22	6.28	11.75	9.90	12.91	11.79
Índice de Margalef DMg(4)	9.19	7.86	8.29	6.56	8.61	9.51	8.98	11.08	9.62
Índice de Menhinick DMn(5)	2.51	1.85	1.57	1.34	1.52	1.59	1.50	1.98	1.60

### Composición florística

Un total de 106 especies de árboles con un DAP<sup>3</sup> 10 cm se identificaron en las tres parcelas, representando a 40 familias y 83 géneros. Las leguminosas (Fabaceae) fueron el grupo de mayor diversidad con 12 especies, seguido por la familia Moraceae y Lauraceae, con diez y ocho especies respectivamente. Las moráceas, sin embargo, fueron la familia de árboles más importante en este ecosistema de acuerdo con el Índice de Importancia Familiar.

### Utilidad de la flora amazónica

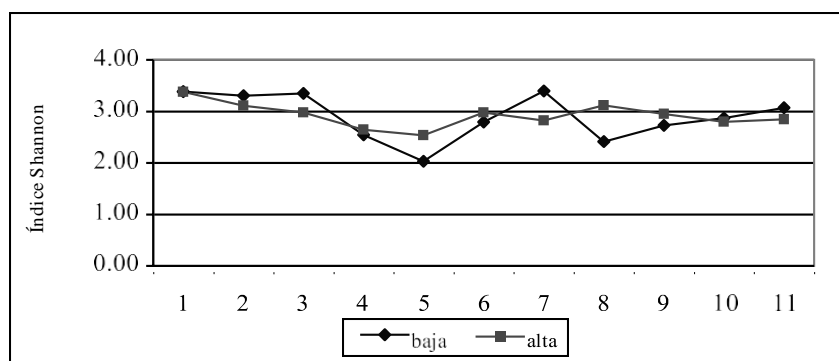
No obstante los niveles medio y bajo de formación educativa entre la población local, se notó un incremento importante del conocimiento sobre la biodiversidad y sus potencialidades creando posibilidades para el diseño de sistemas de producción alternativos.

### Abundancia de especies e importancia etnobotánica en ecosistemas agroforestales y pastizales

Fue evidente que pobladores locales fueron los principales aportantes de información y de recursos genéticos, los diálogos de saberes con pobladores locales e indígenas fueron los medios para facilitar los inventarios.

Se estimó en 0.1398 la tasa anual de transformación-intervención (calculada) de la Amazonía colombiana durante la segunda mitad del siglo XX (Water Resources e Atlas, s.f.; Wildlife Trust, 2000). Esto se explica por su riqueza natural, fácil acceso y falta de oportunidades en los pobladores locales y de otras regiones del país, también como refugio de supervivencia-protección para grupos insurgentes. La tasa de intervención-transformación estimada (0.1398), calculados mediante RSREG, es considerada de media-alta por efecto de tala y supervivencia de pobladores locales (repoblamiento).

El agroecosistema basal fragmentado cubre un poco más del 25% de la superficie del territorio. Su fisonomía característica es la de una matriz de bosque natural intervenido que encierra parches de cultivo y rastrojo que en su conjunto llegan a representar cerca del 50% de la superficie total de esta unidad de cobertura. Los rastrojos altos y bajos, producto del abandono de áreas de cultivo y potreros, son indicativos del fracaso tecnológico de los sistemas de producción empleados en la ampliación de la frontera agrícola durante los últimos decenios en la región.



**Figura 3.** Índices de Shannon para los dos tipos de cobertura (Agroforestal y Pastizales)

El agro ecosistema basal fragmentado se encuentra al sur y oriente, en las zonas de transición entre la llanura aluvial del río Putumayo y el complejo de mesones rodeados de vallecitos inundables cubierto por selva basal amazónica. Se estima que la tenencia de la tierra en el agro ecosistema basal fragmentado está distribuida entre una mezcla de zonas abandonadas al rastrojo y bosques pertenecientes a predios grandes (entre 100 y 1.000 has.), y zonas de cultivo, potreros, rastrojo y bosque pertenecientes a predios medianos entre 20 y 100 hectáreas.

El agroecosistema basal, se caracteriza por la presencia de potreros y cultivos limpios con parches pequeños y corredores de bosques y ocupa alrededor del 10% de la superficie territorial del área de muestreo. Esta cobertura coincide con los suelos de llanura aluvial de fertilidad moderada, particularmente al norte de la cabecera municipal, y está asociada con los terrenos aledaños a la red vial que conduce a las cabeceras municipales de Puerto Caicedo y Orito. Se estima que en el agroecosistema basal la tenencia de la tierra está distribuida entre las zonas de potrero pertenecientes a los predios mayores de 100 hectáreas, y áreas de potreros y cultivo limpio pertenecientes a una mezcla de predios pequeños y medianos.

#### **Tipos de cobertura. Estadística**

El componente fue producido con base en las dos zonas agroecológicas referenciadas en la metodología y dos tipos de cobertura predominante, las cuales fueron sorteadas dentro de grupos tales Sistema Agroforestal (área menos intervenida) y Pastizales (área altamente intervenida). Los dos tipos de cobertura fueron analizados en dos municipios (Villagarzón y Puerto

Caicedo) incluidos en el étono borde Amazónico. El análisis muestra varios contrastes notables en el porcentaje de cobertura de cada ecosistema tal como la dominancia de pastos arbustos en el municipio de Villagarzón (56%), comprado con el 23% del municipio Puerto Caicedo, donde la agricultura es dominante.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Castro-SH, S. Galán-R. [2003] Conocimiento y manejo del bosque. Los Uiotots en la Amazonia Colombiana. *Biodiversidad*, Octubre 2003.
- Colorado-Castro A. [s.f.] Especies. Las 25 Alternativas Forestales Nacidas del Putumayo. *Revista M&M*. Disponible en: [www.revista-MM.com](http://www.revista-MM.com)
- Corpoamazonia [2006] Resolución No. 0975 de 25 de octubre de 2006. Corporación para el desarrollo Sostenible del sur de la Amazonia—CORPOAMAZONIA—. Mocoa. Putumayo.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, Nueva York.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. 2ª edición. New York Botanical Garden, Bronx.
- IDEAM-FAO. 2002. Colombia: VIII. Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales-(IDEAM), Consultores. Depósito de Documentos de la FAO.
- IDEAM [2006] Caracterización de los Ecosistemas del Macizo Colombiano. Instituto de Hidrología y estudios Ambientales-
- Matteucci, S. D. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía No. 22. Secretaría General de la OEA, Washington, D.C.



- Nei M, Li WH. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc Natl Acad Sci USA* 1979; 76:5269-73.
- Rangel-Ch., J.O., M.A. Aguilar, H. Sánchez, P. Lowy, A. Garzón, L.A. Sánchez [1995] Región de la Amazonía. *En: J.O. Rangel-Ch. (ed.) Colombia Diversidad Biótica I*. Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá.
- Ruiz-A C.A. y Aguirre-C, [2004] Las comunidades de briofitas y su relación con la vegetación fanerógamas (tipos de paisaje) en Tarapacá (Amazonas-Colombia). *Caldasia* 26(1) 2004: 65-78.
- SAS Institute Inc., [1999]. *The MIXED Procedure*. Mixed Models Theory. Copyright 1999 by SAS/STAT Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAS Institute Inc., [2005]. *Analysis Application*. Repeated Measures. Copyright 2005 by SAS/STAT Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Tryon, R.M. & A.F. Tryon. 1982. *Ferns and allied plants with special reference to tropical America*. Springer-Verlag, Nueva York.
- Vélez-O G. A. [2000]. Alianza entre la guerra biológica y la bioprospección en la Amazonía colombiana. Bogotá, Septiembre 14 de 2000.

## Tecnologías ancestrales y su vigencia frente al cambio climático

*Ancient technology and its effect on climate change*

<sup>1</sup> Eduardo Chilon Camacho

<sup>1</sup> Universidad Mayor de San Andres. La Paz Bolivia. UCB-UAC Tiahuanaco. E mail: chilon@entelnet.bo

---

### Resumen

La historia de Bolivia registra un período precolombino, muy importante desarrollado antes de la conquista, que echó sus raíces en los pueblos andino-amazónicos y chaqueños que originalmente se asentaron en el territorio y que tuvieron un gran desarrollo cultural, organizativo y político, forjando un sistema económico productivo muy eficiente, fundado en una sólida organización social que posibilitó el desarrollo de tecnologías adecuadas para contrarrestar las condiciones climáticas y fisiográficas adversas. Tomaron como referencia a la naturaleza, para crear sus diferentes expresiones científicas y religiosas, adecuando y modificando el paisaje; todo lo creado se diversificaba en el vientre cósmico que conocemos como madre tierra, por lo tanto la tierra es la generadora de la vida, la que da sus frutos, la que alimenta y protege, es el ente vivo del cual formamos parte, es la generadora de energía, por ello desde tiempos inmemoriales se armonizó y preservó a la naturaleza y al paisaje en su conjunto. Las infraestructuras productivas que se adecuaron al paisaje y que les permitió contrarrestar los rigores climáticos, fueron numerosas, destacando los sukakollu, las taqanas, la q'ochas o q'otas, tarazukas, q'otañas, campos elevados, cultivo en terraplenes, sistemas de drenaje, asociadas a sistemas de manejo y preservación de los recursos naturales, que se mantienen vigentes y constituyen alternativas ante el cambio climático global.

**Palabras clave:** Conocimiento ancestral andino-amazónico

### Abstract

Bolivia's history records a Pre-Columbian period, major developed before the conquest, the Andean, Amazonian and Chaco cultures, originally settled in the territory, had a great cultural politic and organizational development, forging a very efficient productive economic system based on a strong social organization that enabled the development of appropriate technologies to counter the adverse climatic and physiographic conditions. They refer to nature, to create its various scientific and religious expressions, adapting and changing the landscape. Everything that was created is diversifying in the cosmic belly known as mother earth, therefore earth is the generator of life that bears fruit, which nourishes and protects. Production infrastructures that were adapted to the landscape and enabled them to counter the climatic rigors were numerous, highlighting the sukakollu, taqanas, q'ochas or q'otas, tarazukas, q'otañas, raised fields, cultivation terraces, drainage systems, associated management systems and preservation of natural resources, whether they still exist and are alternatives to global climate change.

**Keywords:** Ancestral Knowledge Andean-Amazonian

## ANTECEDENTES

Una interrogante que trataron y tratan de responder insistentemente numerosos investigadores de la Ciencia ancestral Andino-amazónica y chaqueña es la siguiente ¿Cuál ha sido el software y el Hardware que desarrollaron las culturas ancestrales andinas amazónicas y chaqueñas para asegurar una provisión sostenible de alimentos en el tiempo, sin afectar a las bases productivas, y que les permitió sostener a una población numerosa y dispersa sobre un medio fisiográfico contrastante, difícil, complejo y heterogéneo?

Las evidencias demuestran que esto fue posible gracias a un trabajo de larga data, que les permitió a nuestras culturas ancestrales desarrollar un software y un hardware que se expresa en las tecnologías andino-amazónicas en las que se incluyen las taqanas ó terrazas agrícolas, las quillas, sukakollus, Tarasukas, q'ochas, q'otas, q'otañas, canapas y otras; todo lo anterior se sustentaba en una cosmovisión holística que involucraba diversos racionamientos en un conjunto coherente y con una precisa sincronización espacial y cronológica.

Sin embargo desde la conquista se ha sufrido intensos cambios y mestizaje no sólo étnico, sino también cultural, que ha incidido directamente en la desarticulación de la organización social, la forma de organizar la producción, y la tecnología empleada.

En la actualidad y a pesar del tiempo transcurrido, todavía es admirable contemplar en numerosas Comunidades del Altiplano, Valles, Yungas y en la llanura amazónica inmensas áreas cubiertas con terrazas precolombinas, q'ochas, sistemas de lomas y drenaje y otras tecnologías, construidas en tiempos en que no se disponía de los conocimientos que hoy existen, lamentablemente e por múltiples factores, en la actualidad sólo una pequeña proporción de estas tecnologías, están en uso, la mayor parte se encuentran abandonadas. Lo que actualmente se observa es un proceso gradual de pérdida de estos conocimientos y sólo un escaso número de prácticas y tecnologías de origen ancestral que progresivamente pierden su carácter integral.

## FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGÍA ANCESTRAL.

### El software y el hardware de la tecnología ancestral andino-amazónica y chaqueña

Las evidencias históricas demuestran que en contraste la situación actual, en épocas precolombinas en el espacio andino, amazónico y chaqueño, ocupado actualmente por los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y parte de Argentina se alcanzó un alto grado de desarrollo, basado en una sorprendente **Planificación Cibernética** para el manejo del riesgo, a través de la estructuración de una adecuada organización social y la creación de una tecnología que les permitió el manejo adecuado de los recursos naturales suelo, agua, vegetación, animales y el clima. De los 103 ecosistemas que hay en el mundo, 84 están presentes en la zona andino-amazónica y chaqueña de Bolivia, esto fue conocido y manejado por el poblador ancestral y la eficiencia y sofisticación de su agricultura se manifiesta en que el 40% de las plantas que consume la humanidad los produjo la ingeniería genética y la biotecnología prehispánica, así como también la domesticación de la fauna americana<sup>1</sup>.

---

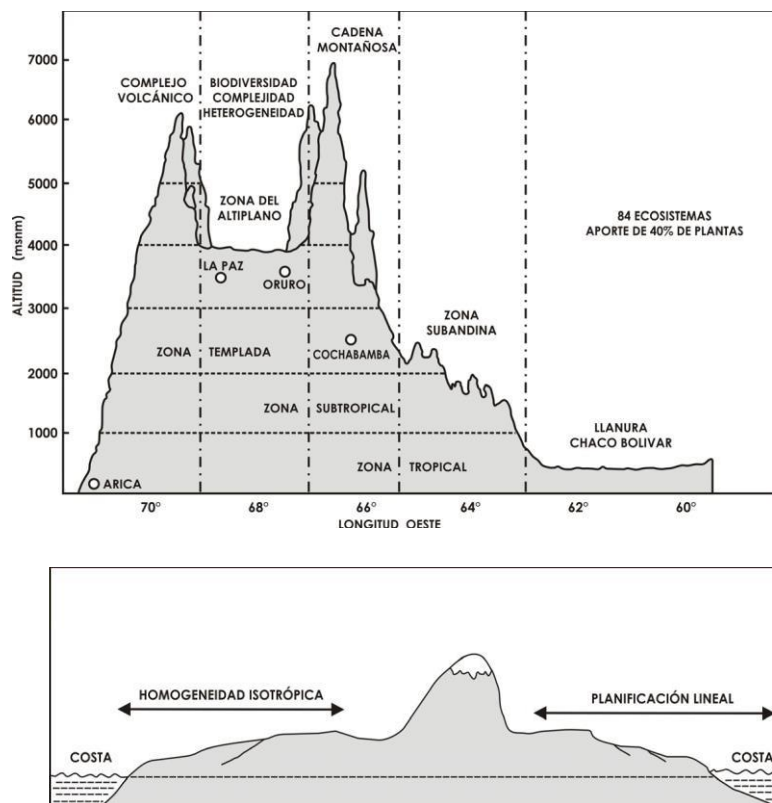
<sup>1</sup> El aporte de plantas alimenticias al mundo, por parte de las Culturas ancestrales andino amazónicas y chaqueñas, está conformado por una variedad de tubérculos, granos, raíces, hojas, tubérculos, frutos y semillas que cultivados en diversos pisos ecológicos les permitieron una soberanía y seguridad alimentaria; después de la conquista muchos de estos cultivos fueron llevados al continente europeo. En la zona altoandina y los valles interandinos se cultivó papa (*Solanum tuberosum*), papalisa (*Ullucus tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosum*), isaño (*Tropaeolum tuberosum*), quinua (*Chenopodium quinoa*), kañawa (*Crenopodium pallidicaule*), tarwi (*Lupinus mutabilis*), achakana o raíz comestible de altura (*Tuber edule*), maca (*Lepidium meyenii*), achira (*Bulvucastanum bunium*), achojcha (*Leonia glycyarpa*), aji (*Capsicum pubescens*), ajipa (*Helianthus tuberosus*), zapallo (*Cucurbita máxima*), calabaza (*Lagenaria siceraria*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), jat'ataco (*Amaranthus blitum*), Koimi ó millmi (*Amaranthus caudatus*), tuna (*Opuntia vulgaris*), lujma (*Cydonia nana*), lok'osti (*Passiflora maliformis*), maíz (*Zea mays*), pepino (*Cucumis sativus*), palto (*Inga edulis*), Pacae (*Persea gratissima*), Tomate (*Lycopersicum esculentum*), tumbo (*Passiflora laurifolia*), wakataya (*Capraria peruviana*). En los Yungas se cuenta con Amachi peke (*Maranta allouya*), maní (*Arachis hypogaea*), camote (*Hipomoea batata*), coca (*Erythroxylum coca*), chirimoya (*Annona cherimolia*), papaya (*Carica candins*), piña (*Ananassa sativa*), racacha (*Arracacha sculenta*), wayaba (*Psidium pomiferum*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), walusa (*Xanthosoma sagillifolia*), yacón (*Helianthus acuosus*), yuca (*Mandioca sp.*). (Cárdenas, M, Gandarillas H., Condarco R. 1984). En la fauna se registra a la llama (*Auchenia lama*), alpaca (*Auchenia pacos*) (Condarco R. 1970)

El Software de la tecnología Andino-amazónica se sustenta en la cosmovisión ancestral que a su vez se expresa en mitos y “**rituales**” que son consustanciales a la vida cotidiana de los pueblos andino-amazónicos y chaqueños, que son continuamente creados y recreados desde hace milenios hasta la actualidad, como un modo social de vivir el mundo y sus acontecimientos. A diferencia de la homogeneidad relativa de la geografía europea, que se refleja en el modo de pensar y actuar del poblador de estas latitudes, con un pensamiento y planificación lineal, condicionado por tiempos preestablecidos o “planificados”; el hombre andino-amazónico y chaqueño en cambio entendió su geografía como un espacio biodiverso, complejo y heterogéneo, en el mismo modeló su forma de actuar y pensar, con una noción de tiempo y espacio muy diferente al del hombre de occidente (Figura 1).

El desarrollo de este **Software** le permitió al hombre andino-amazónico y chaqueño: **acumular** conocimiento, **sistematizar** información, **recordar** experiencias, **valorizar** saberes, **respetar** la naturaleza, **integrar** el todo, **enseñar** a

todos, **aprender** de todos y **reproducir** con todos, el conocimiento, la información y las habilidades técnicas, que finalmente derivó en una verdadera planificación andino-amazónica y en una estrategia agraria. Los juicios acerca de las técnicas en sí mismas, aisladas de su contexto o estructural e histórico y por tanto aparentemente susceptibles de ser “rescatadas” y transferidas tal cual, provienen de una concepción de la tecnología sólo como algo material, sólo como un **Hardware**, sea en forma de infraestructuras de sukakollu, canales de riego, herramientas, terrazas o taqanas, es decir como algo básicamente tangible, y material.

El concepto de la tecnología andino-amazónica va más allá de esta visión demasiado estrecha, considera un **Software** que incluye aspectos inmateriales como el conocimiento, la experiencia, el compromiso social, los rituales y la cosmovisión, que consecuentemente articulan y determinan la razón de ser de un **Hardware** representando por las infraestructuras materiales como los sukakollu, taqanas, q’ochas, campos elevados, sistemas de drenaje, qotañas, y otras.



**Figura 3.** Heterogeneidad agroecológica de Bolivia y homogeneidad europea

**Tabla 1.** sistema ancestral andino – amazonico y chaqueño de reducción de riesgos del cambio climático

TIERRAS ALTAS Y TIERRAS SEMIARIDAS		TIERRAS BAJAS	
Altiplano norte/central/sur, valles interandinos Valles secos, valles mesotérmicos y chaco		Llanura tropical amazónica, Moxos, Cuenca baja ríos Yapacani, Beni, Sub-trópico húmedo, otros	
Largo período seco	Período lluvias	Período seco	Inundaciones temporales Lagunas
CIVILIZACION HIDRAULICA PARA CONTRARRESTAR LA ESCASEZ DE AGUA		CIVILIZACION HIDRAULICA PARA CONTRARRESTAR EL EXCESO DE AGUA	
<b>a) Cosecha de aguas</b> 1. Q'otañas (reservorios) 2. Zanjás de infiltración 3. Forestación y reforestación, conservación y reproducción de bosques 4. Sistemas agrosilvopastoriles 5. Técnicas agrostológicas y de control del pastoreo 6. Manejo de suelos 7. Control de cuencas y microcuencas  <b>b) Sistemas Complejos andinos</b> 8. Terrazas agrícolas, taqanas y chullpa tirquis 9. Sukakollu o camellones 10. Tarasukas 11. Campos hundidos 12. Q'ochas y q'otas  <b>c) Riego ancestral</b> <b>d) Indicadores y pronósticos climáticos</b> <b>e) Clasificación ancestral de suelos</b>		 a) Sistema hidráulico de lomas y terraplenes b) Sistema de drenaje a gran escala c) Lagunas artificiales d) Islas artificiales e) Canales y diques f) Manejo adecuado de bosques g) Asentamientos en partes altas h) Clasificación amazónica de suelos	
Técnicas agronómicas: aynuqa, qapana, milli, lameo, corrales itinerantes, surcos en curvas a nivel, rotación y asociación de cultivos, labranzas adecuadas, herramientas conservacionistas chaqkitaclla, huiso, enmiendas y correctores del suelo, abonamiento orgánico (compost, bocashi, estiércol fermentado, abono verde) uso del mulch, otras			
Manejo de la biodiversidad y la complejidad: diversificación de las actividades productivas, deshidratación de alimentos, almacenamiento y conservación de alimentos, domesticación y mejoramiento de fauna y flora.			
Otras tecnologías : Instrumentos de nivelación prehispánicos			

## CONCLUSION

La referencia a la recuperación de la tecnología ancestral tiene para muchos una connotación de retroceso, vueltas al pasado; con frecuencia se liga la tecnología andino-amazónica y chaqueña a las condiciones de vida más adversas y rudas en las cuales hay que luchar fuertemente para sólo conseguir subsistir a duras penas. Esto se debe a un malentendido de la historia de Bolivia. No se

debe olvidar que un componente esencial de la tecnología andino-amazónica y chaqueña en su momento de mayor esplendor fue la ciencia de la administración estatal que armonizaba profundos conocimientos de ingeniería, contabilidad, agronomía, ecología, astronomía, meteorología, hidráulica y sobre todo conocimiento de cibernética y de programación de la producción y distribución, de asignación de recursos y logística. No se pretende negar ni desmerecer a la cosmología occidental moderna ni a la ciencia

“convencional”, sino entender sus alcances y limitaciones sobre todo cuando se pretende introducir conocimientos y tecnologías generadas en otras latitudes, a un medio completamente diferente en lo geográfico, cultural y socio-económico.

Una pregunta que siempre estuvo presente en el trabajo de campo de esta investigación fue: ¿Cuál sería el nivel de preparación y de estudios básicos necesarios para diseñar el conjunto de obras hidráulicas de la pampa amazónica de Mojos, de terrazas agrícolas y otras que se observan en zonas altoandinas como en Cohoni y en los Yungas? Resulta difícil establecer que esto fuera posible con el saber científico y técnico actual; mucho más difícil es imaginar que esto fue posible sin estos conocimientos.

La importancia de inventariar y reconstituir un repertorio de alternativas tecnológicas de larga data, es tan igual a las generadas por los sistemas tecnológicos modernos; pero las primeras tienen una gran ventaja, de utilizar materiales locales y estar sustentadas por cientos de años de aplicación en agroecosistemas determinados, por lo tanto su validez para enfrentar los riesgos del cambio climático es tangible.

Las tecnologías andino-amazónicas y chaqueñas precolombinas que en mayor parte fueron desarrolladas por culturas de larga data, no deben entenderse como un recetario de propuestas tecnológicas “recuperables” por y en sí mismas; sino que necesariamente requieren una rigurosa investigación y un proceso participativo de validación para establecer su viabilidad y factibilidad técnica, social y económica en el contexto actual; recién entonces se podrá definir en repertorio de alternativas tecnológicas productivas sostenibles, aplicables y replicables en condiciones agroecológicas semejantes.

Se hace necesario propiciar un programa nacional de recuperación de tecnologías andino-amazónicas y chaqueñas, encargado de inventariar, caracterizar, describir y establecer el estado de su situación; asimismo que fomenten la realización de proyectos regionales de desarrollo rural y de investigación, validación, evaluación, promoción y transferencia de las alternativas tecnológicas andino-amazónicas y chaqueñas en la participación plena de las comunidades campesinas.

## BIBLIOGRAFIA

- AGRUCO (1992) “ Desarrollo y Participación: Experiencias con la revalorización del conocimiento campesino”. Serie Boletines Técnicos, Cochabamba-Bolivia.
- Cardenas, Martín (1984) “ Manual de Plantas Económicas de Bolivia”. Edit. Amigos del Libro, Cochabamba-Bolivia.
- Condarco, Ramiro. (1970) “ El Escenario Andino y el Hombre. Ecología y antropogeografía de los Andes Centrales”. Primera Edición, La Paz-Bolivia.
- Chilon, Eduardo; HERVE, D. (1993) “Relaciones entre el conocimiento aymara y las características edafológicas de suelos del altiplano central boliviano”, Publicado en Agricultural Knowledge Systems and the role of Extension Universidad Hohenheim, Stuttgart-Alemania.
- Chilon, Eduardo (2000) “ Tecnologías Ancestrales para la reducción del riesgo de los fenómenos climáticos en el Altiplano y los Valles”, sistematización de experiencias del PROCADE-UNITAS, publicación NOGUB-COSUDE, La Paz-Bolivia.
- Chilon, Eduardo (2008) “ Tecnologías ancestrales y reducción de riesgos del cambio climático. Terrazas Precolombinas Taqanas, quillas y wachus”. Publicación PROMARENA, La Paz-Bolivia.
- Huanca, René (1996) “ Estudio Microclimático de los Sukakollu y su influencia en la protección contra las heladas”, Tesis de Grado, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz-Bolivia.
- Kennet, Lee (1999) “ Mojos Precolombino” artículo periodístico “ El Diario”, La Paz Bolivia.
- Mamani, Berna (1996) “Influencia de las Características del suelo y la incorporación de la materia orgánica en el comportamiento térmico de los sukakollu”, Tesis de Grado, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz-Bolivia.
- Medina, Javier (1995) “ El trueno en los cocaes-Coca cultura y democracia participativa”, Ediciones HISBOL, La Paz-Bolivia.
- Tallagua Sebastián, (1995) “ La Tecnología Andina en la Agricultura de Ladera-Cuenca Timusí”. Programa de Postgrado en Desarrollo Regional de los Andes FLACSO Centro Bartolomé de las Casas, Colegio Andino Cuzco, CAADI, La Paz -Bolivia.
- Van Kessel, Juan (1990) “ Tecnología Aymara, un enfoque cultural”, Tecnología Andina HISBOL, La Paz-Bolivia.

## The Potential of Organic Agriculture to improve Food Security

*El potencial de la agricultura orgánica para mejorar la seguridad alimentaria*

<sup>1</sup>Friederike Elisa Naegeli y Juan Carlos Torrico<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Institute for Technology and Resources Management in the Tropics and Subtropics. Cologne University of Applied Sciences. Cologne, Germany. E mail: fnaegeli@gmx.net

---

### Resumen

Los alimentos producidos orgánicamente parecen no ser capaces de alimentar a la población mundial. Sin embargo, existen fuertes evidencias de que la agricultura orgánica puede contribuir a reducir el número de personas desnutridas en varias regiones. La distribución y el acceso a los alimentos suelen ser los factores principales por los que las personas están desnutridas. Además, la agricultura convencional provoca a menudo fuertes externalidades negativas. Estos pueden reducirse utilizando fertilizantes orgánicos y evitando el uso de agroquímicos. El enfoque holístico de la agricultura orgánica, como la diversificación de la producción, puede mejorar el nivel nutricional en las comunidades rurales y con esto reducir significativamente las tasas de malnutrición. Además, dado que el mercado mundial de productos orgánicos está en expansión, las posibilidades de los pequeños agricultores en los países en desarrollo a acceder a los mercados se incrementa. Esto puede tener efectos muy positivos en las economías rurales, impulsando el desarrollo rural. La conciencia cada vez mayor, de lo que la gente consume, tiene también efectos positivos en la imagen de la producción agrícola, ya que los consumidores se informan mejor sobre la estructura de producción, que conduce a una valoración creciente de la labor agrícola. Estos hechos pueden tener una influencia en disminuir la migración campo-ciudad. Por lo tanto la agricultura orgánica puede ser una opción en algunas regiones para apoyar fuertemente el desarrollo rural.

**Palabras clave:** Agricultura orgánica, Bolivia, Seguridad Alimentaria, sostenibilidad

### Abstract

Organically produced food seems not to be able to feed the World's Population. However, there are strong evidences that organic agriculture might help to alleviate the number of people suffering from hunger in some areas. The distribution of food and the access to food are often the main factors why people are undernourished. Aside, conventional agriculture often causes strong negative externalities. These may be reduced using organic fertilizers and by avoiding the use of synthetic agrochemicals. The holistic approach of organic agriculture, meaning the diversification of the production, may additionally improve the nutritional level in rural communities and thereby reduce significantly rates of malnutrition. Further, since the global market for organic products is expanding and the possibilities for smallholder farmers in developing countries to access markets increase. This can have very positive effects on the rural economies, triggering rural development. The increasing awareness of what people consume also have positive effects on the image agricultural production, since the consumers inform themselves better about the production pattern leading to a rising valuation of the farmers work. These facts seem to have retarding influence on rural-urban migratory processes. Organic agriculture may thus be an option in some areas to support strongly rural development.

**Keywords:** Organic agriculture, Bolivia, Food Security, sustainability

## INTRODUCTION

Around 1020 Million people are estimated to suffer from hunger (FAO, 2009). Target 1c of the Millennium Development Goal 1 addresses this issue with the objective to halve the number of people suffering from hunger by 2015 (UNDP, 2007b). However, it is already to be said that this target will most probably not be reached (UN, 2008). This fact might sound to some extent surprising, given that the global agricultural production would be sufficient to feed the world population (EL-HAGE SCIALABBA, 2007; DARWIN et al., 2005).

The problem is not just the total global production of food, but much more its distribution. The question how to face this growing problem of food insecurity becomes more and more important, especially due to the steadily increasing world population and the changing consumption pattern. Higher yields, more equitable distribution and reduced post-harvest losses shall assure future nutrition of the population.

An alternative approach to combat hunger is to change from conventional to organic agriculture. This paper will discuss in the following the potential of organic agriculture<sup>2</sup> to account for global and local food security giving the example of Bolivia.

## METHODS

The study assesses the current scientific literature on the topic of organic agriculture. It attempts to illustrate the potentials of organic agriculture to develop rural areas in developing countries, facilitated by access to local and global markets, promoting a new image of rural agricultural production and generating a new willingness to pay equitable prices for the products.

---

<sup>2</sup>According to El-Hage Scialabba (2007) organic agriculture is referred to "[...] as a holistic production management system that avoids use of synthetic fertilizers, pesticides and genetically modified organisms, minimizes pollution of air, soil and water, and optimizes the health and productivity of interdependent communities of plants, animals and people".

The study is based on a review of the outcomes of the FAO Conference of Organic Agriculture (3-5 May 2007, Rome, Italy), supplemented with the latest literature on the topic.

## Organic Agriculture and Food Security

Today, organic agriculture is practiced in more than 120 countries accounting for 0.7% (31 million ha) of the total global. On this number the area of non-certified organic agriculture, which is often practiced by default in developing countries, must be still added (ZUNDEL & KILCHER, 2007). It has been revealed that the conversion of conventional productions to organic agriculture leads to decreasing yields in at least the first 2-3 years after conversion. But this fact strongly depends on the former amount of input level. Systems based on a high-input level will show higher reduction in yields after conversion, than those based on a low-input level (ZUNDEL & KILCHER, 2007).

Nevertheless, yields comparable to former yields in conventional productions could be reached after the initial phase. In arid, semi-arid (Pakistan, India, Senegal, Ethiopia, Kenya, Lesotho, Zimbabwe) and mountain areas (Bolivia and Nepal) considerable yield increases have been shown, reconfirming the potential of organic farming for smallholder farmers (ZUNDEL & KILCHER, 2007).

Shown that organic agriculture can to some extent compete in yields with conventional yields one may question whether organic agriculture could produce enough food to feed the global population. A study done by Badgley et al. (2007) shows that the global population could be supplied with organically produced crops. The study is based on a model using average yield ratios for developing and developed countries. It has been cited frequently, even in the Conference Reports on "Organic Agriculture and Food Security, 3-5 May, FAO, Rome". However, another study by Conner (2008) criticises vehemently in a short communication "Organic agriculture cannot feed the world" the calculations done by Badgley et al. (2007). Conner reveals that Badgley et al. (2007) overestimates the average yields of organic agriculture in developing countries leading to erroneous assumptions because of having applied wrong yield ratios to the model. As can be seen here there is no common opinion to answer the raised question above, but it seems most likely that organic agriculture alone may not be productive enough. Still, further investigation must be done to answer the question satisfactorily.



Even if it could not have been proved that organic agriculture can sustain the world's population, there is strong evidence that under special conditions organic agriculture can improve food security.

Most of the poor people who are affected by food insecurity are living in rural areas of developing countries (EL-HAGESCIALABBA, 2007). The most vulnerable are smallholders<sup>3</sup>. They suffer from seasonal yield fluctuations, due to climate variability, pest and diseases, such as price fluctuations on the food market (MORTON, 2007; EL-HAGESCIALABBA, 2007).

The pressure on these farmers to assure their and their family's nourishment often leads to the overuse of the soil and thereby to the degradation of the environment. This in turn has negative impacts on the yields, forcing the farmers to further expand their cultivated area (SCHERR, 1999). Farmers frequently start cultivating inappropriate areas, such as steep slopes or poor and vulnerable soils, causing additional soil erosion. It is assumed that within the last 40 years almost one third of arable land has been lost due to the intensive use of agrochemicals and over exploitation (NIGGLI et al., 2007).

To diminish the negative effects of agricultural productions, organic agriculture could be a sustainable and environmental friendly alternative. It has been reported that organic agriculture improves soil aggregate stability and increases the water-use efficiency, which in times of increasing water deficiency could be a big advantage compared to conventional agriculture. (EL-HAGESCIALABBA, 2007).

Additionally, diversification of the production as a basic principal of organic agriculture can contribute to the improvement of food security of the farmers. A diversified production reduces the vulnerability to climate variability, spread of diseases and pests and additionally provides an improved nutritional balance base for the farmers (ZUNDEL & KILCHER, 2007). But also the positive effect on the health of farmers must be mentioned. In developing countries many farmers suffer from the usage of fertilizers and pesticides,

---

<sup>3</sup> Smallholders refer to [...] rural producers, predominantly in developing countries, who farm using mainly family labour and for whom the farm provides the principal source of income" (MORTON, 2007).

which can lead to serious health problems (FARIA et al., 2009; EL-HAGESCIALABBA, 2007).

Organic agriculture is less dangerous, benefiting the farmers by an enhanced well-being, which is in turn reflected in the efficiency and productivity of the farmer.

Organic agriculture is in particular being considered as a good alternative for smallholders in developing countries. This is due to the fact that it requires less capital input, but high labour input, what leads in market-orientated productions and high income countries to higher production costs (ZUNDEL & KILCHER, 2007; UNCTAD, 2002).

Conventional products compared to organic products are therefore generally cheaper.

The organic products are considered as being high quality products. That is why on the markets in the EU and USA organic products achieve premium prices. For the producing farmers this is beneficiary and can lead to increased incomes. But to achieve the premium prices the products must be certified and but many smallholder farmers cannot afford the, for this purpose, upcoming initial costs. Therefore it is recommended to interact in cooperatives to reduce the costs for the farmers. Another disadvantage is that many people cannot afford to buy these products. Still, higher prices achieved on the market for certified products makes it worthwhile again for those farmers to remain in agriculture and not migrate to the cities (ZUNDEL & KILCHER, 2007).

Moreover, the application of organic on-farm produced fertilizers, decreases the dependency of smallholders from Agrochemical Concerns and thus they are less affected by price fluctuations of required agrochemicals.

Unfortunately, in many countries no or just little local markets for organic products have developed, because high prices are often the limiting factor for the people to buy organic food. Yet, there do exist good examples, where markets for organic food have developed on the local level.

In Southern Brazil a producers network EcoVida promotes the organically produced food for the local community, offering simultaneously new job opportunities and thereby creating a local markets and strong relations with their consumers. (ZUNDEL & KILCHER, 2007). Cooperatives Organic Production can be seen as an advantageous opportunity to reinforce policy makers to invest in rural areas. Thereby also conventional farmers could benefit.

Given the example of Bolivia positive results for smallholders having converted to organic agriculture and formed cooperatives will be illustrated in the following.

### Organic Agriculture in Bolivia

Bolivia has a long-standing agricultural tradition started around 2,500 B.C. after a long period of experimentation (KLEIN, 2003). In the Andean region pre-Columbian communities have already been doing agricultural research. Many different practices and technologies could be found to be very adaptive to the local conditions (DENAVAN, 2002).

With the colonization of Latin America much of the ancient knowledge got lost over time (VILLAROEL ZENZANO, 2001).

Today, Bolivia accounts to one of the poorest countries in Latin America, occupying Human Development Index (HDI) rank 111 (UNDP, 2008).

According to the Global Hunger Index 2009 22% in the Period 2003/05 (24% 1990/92) of the Bolivian Population has been undernourished. 2008 Bolivia had 23% more undernourished than in the period 2000-2002 and 4% more than in the period 1995-1997 (Torrico, 2009). The children below five years mortality rate decreased from 12.5% (1990) to 5.7% (2007) (GREBMER et al., 2009).

34% (INE, 2009) of the Bolivian population is living in rural areas. However, the main cities in Bolivia are growing fast in the last decades (ANDERSON, 2002). Rural-urban migration in Bolivia is a serious problem. The annual urbanization rate is estimated to be 2.5% for the period 2005-2010 (CIA, 2009). Farmers in Bolivia are very susceptible to climate variability, especially to the El Niño Southern Oscillation (ENSO)<sup>4</sup>, being a reason for strong interannual

yield fluctuations (ORLOVE et al., 2000). Further market access for smallholder farmers in Bolivia is difficult so that income generation is often very low. These facts cause high production uncertainties for farmers making it even more unattractive to stay in the rural areas. Thus, it is not astonishing that the third main reason for the rural population just after family reasons and educational purposes to migrate to the cities is to find a job (ANDERSON, 2002).

**Table 1.** Rural – urban migration in Bolivia

Reason stated in survey	%
1. Job search	18.2
2. Job moved	3.9
3. Education	25.6
4. Health	2.2
5. Family reasons	50.1
Total	100.0

*According to the survey 9% of the interviewed people moved within the last 5 years and from these around 34% have been rural-urban migrants. (Sources: extracted from ANDERSON, 2002)*

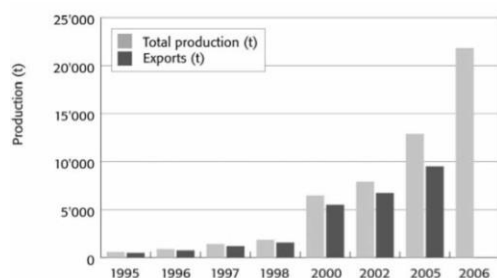
As mentioned organic agriculture can have positive effects on yield, soil fertility, farmer's health and the nutritional level. In Bolivia organic agriculture has been ultimately increasing strongly (see Table 1).

The food crisis and the growing demand of biofuels represent a duality of options, on one hand it affects negatively to a great quantity of people in the urban areas that assign a great percentage of its income to purchase foods. On the other side, it represents the best opportunity to improve the revenues of the agricultural producers in general included the organic production (Torrico, 2008).

In 1991 the umbrella organization AOPEB (Association of Organic Producers Organization of Bolivia) has been found consisting today of 56 member organizations and more than 30.000 organic producers and those who are in transition. AOPEB aims to qualify farmers, to improve the information and communication system, to create local markets and to promote their products for the global market (AOPEB, 2009). AOPEB forms part of the IFOAM (International Federation of

<sup>4</sup> The ENSO phenomenon that occurs in average every 2 - 7 years refers to either the inversion of the oceanic-atmospheric circulation over or rather in the southern pacific (El Niño) or the intensification of that circulation (La Niña). (SCHÖNWIESE, 1994). In the Altiplano region of Bolivia during El Niño years less precipitation has been noticed (LENTERS & COOK, 1999, GARREUAD & ACEITUNO, 2001), whereas it is predicted that in the Llanos and Amazon region of Bolivia more extreme events might occur, such as droughts and heavy rainstorms, leading to increased number of flood events (PNCC, 2007).

Organic Agricultural Movements). With the new government elected in 2006 a law (Law 3525) has been introduced that prioritizes organic agriculture and regulates organic production and certification (CABOLQUI, 2009; PIPO LERNOUD & LOY, 2008) and thereby supports the efforts done by AOPEB. It is said that at the beginning the production has been motivated by export purposes, but later positive side effects, such as increased producer's incomes were noted (RAM IREZ & VILDOZO, 2007). During the last decade the area cultivated organically in Bolivia increased in just 10 years from around 8,000 ha in 1997 (WILLER & YUSSEFI, 2001) to 1,069,560 certified hectares (including certified wild forest) and 365,052 in transition in 2007 (PIPO LERNOUD & LOY, 2008).



**Figure 1.** Development of the organic agricultural production and the exports of Bolivia. Data for exports in 2006 have not been available. (Source: extracted from Pipo Lernoud, 2008)

Given the example of Northern Potosí, one of the poorest regions in Bolivia, farmers cultivate potatoes on slopes up to 50 degrees and heights between 2,800 and 3,900 m a.s.l. (RUDEL & BEINGOLEA, 1995). After three consecutive years with extremely small sized harvested potatoes the World Neighbors Program realized a project in that region. They encouraged the farmers realize on-farm experiments. Results have been analyzed on seminars and have shown that the yield could have been strongly increased. The farmers identified lupine as being an alternative to fix nitrogen benefiting the soil when used as green manure. Thereby the farmers could increase their yield from 1780 kg/ha to 8500 kg/ha and when combining their practices with sheep manure even up to 13000 kg/ha. This led to the fact that farmers could even reduce their field sizes (EL-HABA SCIALLABBA & HATTAM, 2002).

Another example is the cacao farmer's cooperative El Ceibo, one of the first associates of AOPEB. In

the 1970s they found the cooperation in order to increase their competitiveness with speculators who were able to determine the prices (GEPA, 2009a).

The cooperation enables the associated farmers to increase their resilience against climate variability. In 2005 the farmers suffered from economic losses, due to droughts and uncontrolled pasture fires. With the help of the German Development Agency (DED – Deutsche Entwicklungsdienst) and the increasing demand for Bolivian cacao (EGÜEZ CAMACHO & OLAZÁBAL SILVA, 2007) the cooperative was able to convert their production to organically produced cocoa what improved their access to international markets and their income. Fig. shows highly increasing revenues over the last year with parallel relatively small increased in expenditures.

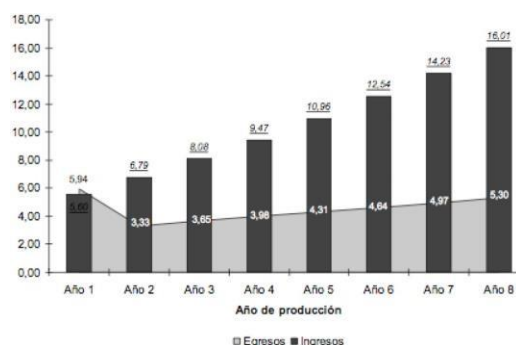
El Ceibo nowadays is benefiting around 10,000 people, exporting their cocoa to Germany, Spain, Japan and Switzerland (QUISPE ZEBALLOS, 2005). They receive beside the premium price, fair trade prices, which enables the cooperative to develop even further, creating new jobs and being able to assure health insurances for their employees up to 200 US Dollar (GEPA, 2009a).

They did even conquered a market within the borders of Bolivia, being one of the main suppliers of chocolate for the most of the Bolivian chocolate fabricants such as Breick and Condor (La Paz), Taboada and Parati (Sucre) Harasic (Oruro), Sumar (Beni), and Bolivian Fruit (Cochabamba) supplying the recently grown organic supermarkets in cities (EGÜEZ CAMACHO & OLAZÁBAL SILVA, 2007). This has led to the fact that the national sales already account for 28% of their total revenue (GEPA, 2009b).

Similarly has been the development of the Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia (FECAFEB) which has been working in the Yungas region of Bolivia (Caranavi and Nor and Sur Yungas) in the fields of technical and educative support of the farmers. They are aiming at a sustainable production, conserving the natural resources and improving the prices and conditions for export on the international market. The farmers benefited from the higher incomes. Investments could be used to improve streets and construct schools (RÁMIREZ, S., 2001).

Beside these examples one should not forget about the potential of global organic markets for indigenous crops. Bolivia is producing organic Quinoa for exports. Organic markets are much

more open to “new” food crops. Since the production of the highly nutritious, gluten-free grain is organic, Quinoa was able to enter the global market. The export of Quinoa induced an enormous increase in demand and due to the premium prices higher incomes for the farmers (SLIGH & CHRISTMAN, 2007).



**Fig. 2:** Estimation of revenue and expenditure of the cacao production in the area V of Alto Beni (Source: Egüez Camacho & Olazábal Silva, 2007)

level, reducing environmental degradation, being less harmful for the farmer's health and offering a better access to markets. Beside these facts organic agriculture in rural area may improve the living conditions by lifting the image of agricultural production. By raising the consciousness about the importance of agriculture through promoting organic products as a kind of high quality product a new value could be given to agriculture, functioning as a support to rural investment and development, counteracting to rural-urban migration.

As shown in the examples organic agriculture in Bolivia can improve yields and soil fertility and decrease negative environmental externalities. The supportive government is essential for the positive developments generated by applying organic production pattern. The creation of local market is further important to support local organic productions, in which farmers benefit more than in conventional production systems.

Cooperatives are extremely recommended in Bolivian smallholder farmer's communities to create a legal organization, which is able to influence the prices, to share information, to make better marketing, and to have fewer burdens to access the markets. Support of development agencies has been resulted as useful to help the farmers to afford initial costs for the transformation from conventional to organic

But one factor is still of concern. Organic agriculture is a knowledge-based approach and requires training and investigations such as relatively high initial costs (ROJAS- BOURILLÓN, 2006). Still, at the same time it can provide an incentive to protect, conserve and recover traditional knowledge, due to the increasing market for indigenous and traditional crops (VILLAROEEL ZENZANO, 2001). Villaroel Zenzano (2007) moreover emphasizes that organic agriculture should be under control of the social organization of the communities. This fact is especially of importance in countries like Bolivia, where common management of the resources is part of the cultural community structure.

## SUMMARY OF FINDINGS AND CONCLUSION

As pointed out, there is a high potential for organic agriculture to improve food security, especially on the local and community level for smallholder farmer in developing countries by providing a diversified nutrition

agriculture and help to recover traditional knowledge needed for the production.

One possibility to further support this kind of fair production could be the involvement of governmental institutions such as schools and hospitals as purchasers. Products could be sold for special prices and in return the institutions do marketing for the farmers, creating kind of win-win situation.

However, it could have been shown that most probably organic agriculture alone might not be sufficient to assure global food security. The increase of organic agriculture won't increase the total global amount of food available but contribute to a more equitable distribution with regards to the essential nutrients, which in organic agriculture are produced on-farm.

Nevertheless, it must be said that till now just 1% of the total average expenditures on agricultural research is invested on research for organic production (NIGGLI et al., 2007). Thus the overall potential cannot yet be seen completely.

Since organic agriculture can have a share in improving food security especially for smallholders in developing countries and being able to reduce negative externalities on the environment, further research should be done on that issue in order to come closer to the aims of the Millennium Development Goals

## REFERENCES

- Anderson, L. E., 2002. Rural-Urban Migration in Bolivia: Advantages and Disadvantages. Instituto de Investigaciones Socio-Económicas. Universidad Católica Boliviana. La Paz, Bolivia. Revised: 25/10/2009. Available: <http://www.iisec.ucb.edu.bo/papers/2001-2005/iisec-dt-2002-05.pdf>
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakern, E., Jahi Chappell, M., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I., 2006. Organic Agriculture and the Global Food Supply. In: *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22:2, 86-108.
- CABOLQUI, 2009. Present Dynamics of the Quinoa Sector in Bolivia. Bolivian Chamber of Quinoa Royal and Organic Products Exporters (CABOLQUI). Revised: 24/10/2009. Available: [http://www.cabolqui.org/documentos/PRESENT\\_DYNAMICS\\_OF\\_THE\\_QUINOA\\_SECTOR\\_IN\\_BOLIVIA\\_ENG.pdf](http://www.cabolqui.org/documentos/PRESENT_DYNAMICS_OF_THE_QUINOA_SECTOR_IN_BOLIVIA_ENG.pdf)
- CIA, 2009. The World Factbook – Bolivia. Central Intelligence Agency, Washington D. C.. Revised 04/10/2009. Available: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>
- Connor, D. J., 2008. Organic Agriculture Cannot Feed the World. In: *Field Crops Research*, 106, 187-190.
- Darwin, R., Rosen, S. & Shopuri, S., 2005. Greenhouse Gases and Food Security in Low-Income Countries. Lal, R., Uphoff, N., Stewart, B. A. & Hansen, D. O. (eds.), 2005. *Climate Change and Food Security*. CRC Press, Florida, USA. p 72.
- Denevan, W. M. (2002). *Cultivated Landscapes of native mazonia and the Andes*. Oxford University Press. Oxford, UK.
- El-Hage Scialabba, N. & Hattam, C., 2002. Organic agriculture, environment and food security. FAO, Rome.
- Egüez Camacho, V. & Olazábal Silva, J., 2007. Organización de la Oferta de Cacao en el Area Vdel Alto Beni. USAID Bolivia, La Paz. Revised: 24/10/2009. Available: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADN933.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADN933.pdf)
- El-Hage Scialabba, N., 2007. Organic Agriculture and Food Security. FAO, Rome.
- Faria, N. M., Rodrigues da Rosa, J. A. & Facchini, L. A., 2009. Poisoning by pesticides among family fruit farmers, Bento Gonçalves, Southern Brazil. In: *Rev Saúde Pública* 2009, 43:2. Revised 03/10/2009. Available: [http://www.scielo.br/pdf/rsp/v43n2/en\\_7200.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rsp/v43n2/en_7200.pdf)
- FAO, 2009. One Sixth of Humanity Undernourished - More Than Ever Before. FAO Media Center – 19 June 2009. Revised 03/10/2009. Available: <http://www.fao.org/news/story/en/item/20568/icode/>
- Garreaud, R. D. & Aceituno, P., 2001. Interannual Rainfall Variability over the South American Altiplano. In: *Journal of Climate*, 14, 2779 -2789.
- GEPA, 2009a. GEPA Menschen/Portraits. El Ceibo. Kakao für die Rente. Bessere Chancen durch Fairen Handel für die Kakaogenossenschaft El Ceibo. Revised 04/10/2009. Available: [http://www.gepa.de/p/cms/media/pdf/menschen/partner\\_portraits/menschen\\_EL\\_CEIBO.pdf](http://www.gepa.de/p/cms/media/pdf/menschen/partner_portraits/menschen_EL_CEIBO.pdf)
- GEPA, 2009b. Handelspartner Info - El Ceibo. Revised: 04/10/2009. Available: <http://www.gepa.de/p/index.php/mID/4/la/n/de>
- GREBMER, K., NESTROVA, B., QUISUMBING, A., FERTZIGER, R., FRITSCHER, H., RANDAYA-LORCH, R. & YOHANNES, Y., 2009. 2009 Global Hunger Index. The Challenge of Hunger: Focus on financial crisis and gender equality. Welthunger Hilfe e.V., International Food Policy Research Institute (IFPRI) & Concern worldwide (eds.), 2009. Bonn, Washington D.C., Dublin.
- INE-Bolivia 2009. Instituto Nacional de Estadísticas Bolivia. Bolivia: Población total proyectada, por área y sexo, según departamento, 2005 y 2010. Available: <http://www.ine.gov.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC20411.HTM>. Revised [28/10/09]
- KLEIN, H. S., 2003. *A Concise History of Bolivia*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Morton, J. F., 2007. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. In: *PNAS*, 104:50, 19680-19685.
- Niggli, U., Earley, J. & Ogarzalek, K., 2007. Organic Agriculture and Environmental Stability of the Food Supply. FAO, Rome.
- Orlove, B. S., John, C., Chiang, H. & Cane, M. A., 2000. Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility. *Nature* 403. 68-71.
- Pipo Lernoud, A., 2008. Organic Farming in Latin America. Willey, H., Yussefi Menzler, M. & Sorensen, N. (eds.), 2008. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends*. International Federation of Organic Agricultural Movements (IFOAM) & Research Institute of Organic Agriculture (FiBL). 166- 174.
- Pipo Lernoud, A., & Loy, M., 2008. Latin America Country reports. Willey, H., Yussefi Menzler, M. & Sorensen, N. (eds.), 2008. *The World of Organic Agriculture. Statistics and*

- Emerging Trends. International Federation of Organic Agricultural Movements (IFOAM) & Research Institute of Organic Agriculture (FiBL). 174-185.
- PNCC, 2007. El Cambio Climático en Bolivia. Análisis, síntesis de impactos y adaptación. Ministerio de Planificación del Desarrollo. Viceministerio de Planificación Territorial y Ambiental. Programa Nacional de Cambios Climáticos. Quality S.R.L., La Paz, Bolivia.
- Quispe Zeballos, T., 2005. El Ceibo, un ejemplo de pujanza y trabajo. Bolivia.com. Recosid 04/10/2009. Available: <http://www.bolivia.com/noticias/autonoticias/DetalleNoticia32626.asp>
- Ramirez, R. & Vildoza, L., 2007. On the Way to an Ecological Country with Food Sovereignty: A Case Study of Bolivia. Association of Organic Producers Organizations of Bolivia (AOPEB). In: Papers Submitted. International Conference on Organic Agriculture and Food Security. FAO, Rome. Revised 03/10/2009. Available: <ftp://ftp.fao.org/paia/organicag/ofs/OFS-2007-INF-rev.pdf>
- Rojas-Bourrillón, A., 2006. Limitaciones y oportunidades para el desarrollo de la producción pecuaria orgánica en Costa Rica. Análisis y Comentario. *Agronomía Costaricense* 30:2. 129-135
- Ruddel, E. D. & Beingolea, J., 1995. Towards farmer scientists. In: *ILEIA Newsletter* 11:1, 16-17.
- Scherr, S. J., 1999. Soil Degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 27. International Food Policy Research Institute. p.32. Schönwiese, C.-D., 1994. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Sligh, M. & Christman, C., 2007. Organic Agriculture and Access to Food. FAO, Rome.
- Torrico, M.I. de. 2009. Sobre la seguridad alimentaria en Bolivia. IBEPa. Available: [http://www.ibepa.org/index\\_files/Page777.htm](http://www.ibepa.org/index_files/Page777.htm) . revised: Revised [14/10/09]
- TORRICO, J.C. 2008. Escenarios y estrategias para combatir el alza de precios de los alimentos en Bolivia. Análisis-IBEPa Mayo 2008, vol.1, p.3-7. ISSN 1999-6233.
- UN, 2008. Millenniums-Entwicklungsziele - Bericht 2008. Revised: 03/10/2009. Available: [http://www.dgvm.de/fileadmin/user\\_upload/PUBLIKATIONEN/Sonstiges/mdg\\_report\\_2008\\_german\\_081219\\_klein.pdf](http://www.dgvm.de/fileadmin/user_upload/PUBLIKATIONEN/Sonstiges/mdg_report_2008_german_081219_klein.pdf)
- UNCTAD, 2002. Organic Agriculture and its benefits. Revised 24/10/2009. Available: <http://www.unctad.org/Templates/Page.asp?intItemID=4281&lang=1>
- UNDP, 2007a. Human Development Report 2007/2008. United Nations Development Program. Revised 03/10/2009. Available: <http://hdr.undp.org>
- UNDP, 2007b. Millennium Development Goals. Goal 1: Eradicate extreme poverty and hunger. Revised: 03/10/2009. Available: <http://www.undp.org/mdg/goal1.shtml>
- UNDP, 2008. Human Development Report 2008. Available at: <http://hdr.undp.org/statistics/> Revised [14/06/09]
- Wilhelm, B., 2007. FAO Konferenz Ökologische Landwirtschaft und Welternährung Mai 2007 - Zusammenfassung und Analyse der Ergebnisse

## LULUCF projects under the CDM: an opportunity to increase food security in developing countries

*LULUCF Proyectos bajo el CDM una oportunidad para incrementar la seguridad alimentaria en países en vías de desarrollo*

<sup>1</sup> Toa Loaiza Lange y <sup>2</sup> Juan Carlos Torrico.

<sup>1,2</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México and University of Applied Sciences Cologne, Germany. E mail toaloaizalange@gmail.com <sup>2</sup>Institute for Technology and Resources Management in the Tropics and Subtropics (ITT), Cologne University of Applied Sciences, Cologne, Germany

---

### Resumen

La amenaza de cambio climático presenta importantes retos en el futuro cercano, especialmente en los países en vías de desarrollo donde sus efectos podrían ser más intensos. El Mecanismo de Desarrollo Limpio bajo el Panel Intergubernamental de Cambio Climático es una de las iniciativas más prometedoras para la reducción de los gases de efecto invernadero y promover el desarrollo sustentable. Sin embargo, se ha subestimado el potencial de estos proyectos para aliviar problemas urgentes. La correcta planeación, implementación y ejecución de proyectos de Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Forestería reducirá las emisiones pero también podría mejorar la salud, alimentación y en general las condiciones de vida de las comunidades rurales de los países que no están en el Anexo I.

**Palabras clave:** Seguridad alimentaria, Cambio climático, Mecanismo de Desarrollo Limpio, LULUCF, países en vías de desarrollo.

### Abstract

Global climate poses important challenges to the world in the near future, especially in poor developing countries where the effects will be stronger. The CDM under the IPCC is one of the most promising initiatives to reduce the amount of GHG and promote sustainable development. Never the less, potential to link these projects with urgent needs, as food security remains vague. The correct planning, execution and adaptation of LULUCF projects in developing countries can help to reduce the GHG emissions but also improve the health, nourishment and overall living conditions of rural communities in Non-Annex I countries.

**Keywords:** Food Security, Climate Change, CDM, LULUCF, developing countries

## INTRODUCTION

Global warming and the unpredictable effects of the high concentration of greenhouse gases (GHG): carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) and F-gases (IPCC, 2006) in the atmosphere; lead to more than 180 countries to sign the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) to decrease the discharge of GHGs into the atmosphere (UNCTAD, 2003). Through three main mechanisms: Joint Implementation, Emissions Trading and the Clean Development Mechanism (CDM) Annex-I countries (developed nations) and Non-Annex countries collaborate in order to reduce the global emissions.

Under the CDM, the modality of Land-Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) allows Annex-I countries to meet their reduction goals earning credits (Bloomfield & Pearson, 2000) (Certified Reduction Emissions) by financing sequestration projects in developing countries (Non-Annex I) that have ratified the Kyoto Protocol (UNCTAD, 2003).

On the other hand, has been predicted that the effects of Climate Change could be greater on poor developing countries that are reliable on the environment for their nourishment and living (La Vina, 2002; FAO, 2008) compare with rich industrialized countries that supply the basic demands from other sources. Adjacent to environmental danger, the extremely high rates of growing population in developing countries requires a doubling of the food production to satisfy the demand for the next 30 years, including the increment of fertilizers and water use as well as soil degradation (Verchot et al., 2007).

The main objective of the present review is to demonstrated the lack of importance given to LULUCF projects as tools to enhance food security, transfer technology, mitigate climate change, and improve overall living conditions of recipient countries.

## METHODS

The present paper presents an assessment of different LULUCF approved methodologies under the CDM of the Kyoto Protocol. Also, the following study comprehends a literature review with the latest available scientific publications describing the necessity to link LULUCF projects

with food security especially through the transfer of technology to developing countries.

## LULUCF Methodologies and Food Security

One of the main objectives of the Kyoto Protocol, as stated in article 2 of the Convention, is to ensure that food production is not endangered along with a sustainable economic growth (IPCC, 2009). In other words, the sequestering GHGs projects under the Kyoto Protocol cannot become a competition for lands destined to food production.

According to IPCC (2006) and the LULUCF initiative, the following approved methodologies can be connected to sustainable development projects and thus the enhancement of food security: Afforestation and Reforestation activities include the conversion of non-forested lands into plantations “through planting, seedling and/or human-induced promotion of natural seed sources”. In the same way, Revegetation projects comprehend all human activities to increase carbon stocks in minimum 0.05 hectares “through the establishment of vegetation”. Also Forest Management activities that seek the sustainable use of forest to meet ecological, economic and social functions. And finally, Cropland management and Grazing management that contain practices to manage vegetation and livestock in actual or past croplands, or lands use for livestock.

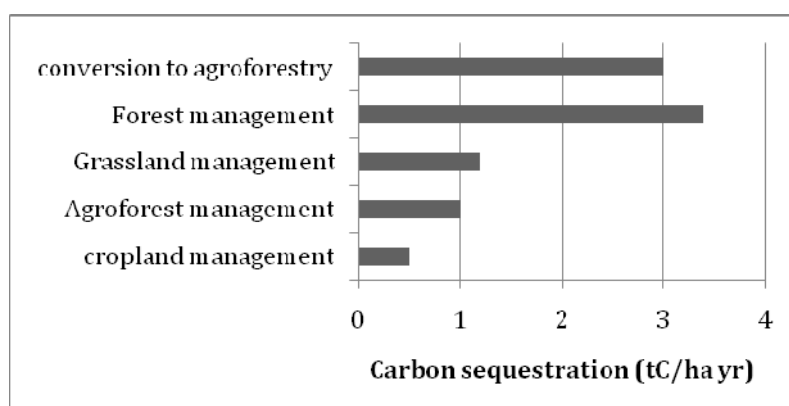
As seen in Table 1, *conversion to agroforestry* and *cropland management* are directly correlated with food security. These activities are the two principal agricultural practices that can positively influence food production in developing countries. In the same way, this fact compares with the carbon sequestration potential of both methodologies, *conversion to agroforestry* shows us that there is an incredible high possibility to meet the carbon storage goals along with increasing the food provision (Figure 1).

According to several measurements (IPCC, 2006; FAO, 2008), Agroforestry is seen as the best alternative to link carbon sequestration and agricultural systems. In the world there is a potential 630 x 10<sup>6</sup> ha for agroforestry activities (Kandji, et al., 2006). The most important carbon storage regions worldwide are humid tropical southlands in Asia and America, as well as North America, as shown in Table 2.



**Table 1:** Summary of potential rates of Carbon gain and associated impacts (Adapted and modified from IPCC, 2000)

Activity	Tropical ecozone	Key practices	Average (tC/ha/yr)	Associated Impacts
<b>Cropland management</b>	Dry	Reduced tillage, residue retention	0.2	<u>Increased food production</u> , improved soil quality, reduced erosion, possibly higher pesticide use
	Wet	Reduced tillage, improved fallow management, fertilization	0.5	<u>Increased food production</u> , improved soil quality, reduced erosion, fertilizers often unavailable, possibly higher pesticide use
	Wet (Rice)	Residue management, fertilization, drainage management	0,50	<u>Increased foodproduction</u>
<b>Agroforest management</b>		Improved management	1.0	
<b>Grassland management</b>	Dry	Grazing management, species introduction, fire management	0.9	Reduced soil degradation, higher productivity, woody encroachment (reduced productivity)
	Wet	Species introduction, fertilization, grazing management	1,20	Increased productivity, reduced biodiversity, acidification
<b>Forest management</b>	Dry	Forest conservation, reduced degradation	1,75	Ecological improvement, high cost efficiency
<b>Conversion to agro forestry</b>	Wet	Reduced degradation	3,40	Environmental improvement
		Conversion from cropland or grassland at forest margins	3,00	Improved biodiversity, CH4 sinks, poverty alleviation, <u>food security</u>



**Figure 1.** Carbon sequestration potential comparing different LULUCF methodologies

**Table 2.** Potential Carbon storage for agroforestry systems (Modified from Kandji, et al., 2006)

Region	Ecoregion	System	Mg C ha <sup>-1</sup>
Africa	Humid tropical high	Agrosilvicultural	29-53
South America	Humid tropical low	Agrosilvicultural	39-102
Southeast Asia	Humid tropical dry	Agrosilvicultural	12-228
	lowlands		68-81
Australia	Humid tropical low	Silvopastoral	28-51
North America	Humid tropical high	Silvopastoral	133-154
	Humid tropical low	Silvopastoral	104-198
	Dry lowlands	Silvopastoral	90-175
Northern Asia	Humid tropical low	Silvopastoral	15-18

### Technology transfer

Worldwide is known that one of the main challenges of climate change will be to maintain sufficient food production to satisfied the increasing demand. Above all, should be considered that one of the best ways to enhance food security is through increasing biodiversity, reducing erosion and maximizing crop productivity. The correct transfer of technology from Annex-I countries to developing countries can assure the productivity in degraded lands (Trines et al., 2006). Increasing the capability of adequate resources management and the use of technological advances can enhance productivity in agricultural lands to protect people from climate change (La Vina, 2002; FAO, 2008).

Such transfer of technology should include: forest management and conservation, sustainable silviculture in afforestation and reforestation projects, genetic manipulation, effective harvesting, low-tillage practices, and cattle supervision (UNEP, 2009) as well as instruction and guidance (Roshetko, et al., 2007). The lack of these transfers can retard the mitigation process and advantages related with them (Sathaye *et al.*, 1999 in IPCC, 2009).

Despite the emphasis of the agreements in the Kyoto Protocol for the need to build projects that lead the host countries to sustainable development, the reduction of GHGs is perceived as the only objective of the UNFCCC. The link between greenhouse gases, climate change and the risks to food production (Amin, 2005) has been unnoticed. Furthermore, the correlation between the opportunities of technology transfer through LULUCF projects in developing countries remains vague. As the FAO states (2008) it is extremely

important to acknowledge the potential of LULUCF projects as providers of environmental services and as an approach to enhance the living conditions of poor people. Missing objectivity can lead to doubling efforts (Nkem et al., 2007).

Therefore, is extremely important to ensure the “effective transfer of technologies and implementation” strategies (Amin, 2005) in developing countries. As a matter of fact, is essential to increase the consciousness between international developers. The correct transfer of technology can help to increase “food security, health, biological diversity and conservation of natural resources” (UNFF, 2004) of the recipient country. As appropriate, is really necessary to ensure the cooperation between farmers, government, local, national and international stakeholders to guarantee the successful accomplishment of the project (Roshetko, et al., 2007). Indeed, governments should include adapting global change and food security into their national agendas, policies and planning (Nkem et al., 2007).

### Linking LULUCF projects with food security

Mitigation cannot become a priority for farmers in developing countries, unless their basic needs as nutrition and health are supplied (Trines et al., 2006). LULUCF projects have the potential not only to trap high amounts of carbon but to provide rural communities involve in the project important sources of food, shelter and fuels (Verchot et al., 2007).

Other of the benefits of the linkage between food security and mitigation is that land use for mitigation projects won't represent a direct competition to food production, but would

correspond to an enhancement of the alimentary provisions. Agroforestry mitigation projects not only favor food security issues, but also provide fuels, wood and other sources of income (Hooda et al., 2007).

Further on, poverty, health issues, water scarcity and food security problems could be solved due to a good “understanding” of the connection between the forests conservation (LULUCF projects) and these “political priorities” (UNFF, 2004).

As an example of successful implemented LULUCF project I can cite the Enda Syspro in Senegal, which combines technology transfer and capacity building in agro forestry systems (IPCC, 2009). With this system the soil fertility was maximized and on the other hand deforestation, erosion and fragmentation diminished, leading to GHG reduction but also increasing food security in the project area.

At the same time and despite the big economic and environmental potential of agro forestry projects is necessary to evaluate the profitability, risks, costs and requirements to understand and measure the benefits of the projects (Rao et al., 2007). These feasibility studies and research can be full field by the scientific community, international cooperation agencies and founding institutions during LULUCF project baseline preparation.

## DISCUSSION

Many of the external aid from developing countries can lead to misuse instead of fulfilling its goal. Giving poor people the adequate support can improve in a prominent way their living conditions. Regarding LULUCF projects, there are not enough studies to prove that the transfer of technology was effective. In the same way, it is necessary to have a multidisciplinary connectivity to improve the use of resources and to accelerate the time to accomplish goals.

The available literature about the topic, is still deficient, therefore the necessity to evaluate the actually running projects in order to learn from the mistakes and enrich the following initiatives. Topics like ensuring the connection between climate change and food security need to be address in future meetings, especially in the COP15 in Copenhagen. Decisions have to be taken in order to increase the benefits of the international aid.

Agro forestry is the methodology that perfectly meets the requirements to combine both issues:

carbon sequestration and food security, as well as supplement other environmental services and provides goods to the adjacent communities. Nevertheless, the technology transfer and the participation of the communities are key issues to ensure the success of the implemented projects.

## CONCLUSIONS

Extremely important is to associate key worldwide initiatives like the CDM under the Kyoto Protocol with urgent problems as food security, health, education and better living conditions in developing countries. Therefore, it is imperative to plan, execute and adapt correctly LULUCF projects in developing countries, not only to reduce the GHG emissions but also to improve health, nourishment and overall living conditions of rural communities in Non-Annex I countries, especially food security issues for the next generations.

## REFERENCES

- Nkem, J., H. Santoso, D. Murdiyarso, M. Brickhaus, M. Kanninen. 2007. Using tropical forest ecosystem goods and services for planning change adaptation with implications for food security and poverty reduction. Center for International Forestry Research. Indonesia.
- Amin, R. 2005. Technology transfer for sustainable development through clean development mechanism (CDM): the Bangladesh perspectives. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy at Murdoch University.
- FAO. 2008. Financial Mechanisms for Adaptation to and Mitigation of Climate Change in the Food and Agriculture Sectors. High-Level Conference in World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy.
- Hooda, N., M. Gera, K. Andrasko, J. Sathaye, M. K. Gupta, H. B. Vasistha, M. Chandran, S. S. Rassaily. 2007. Community and farm forestry climate mitigation projects: case studies from Uttaranchal, India. *Mitigation Adaptation Strategies Global Change* 12: 1099-1130.
- IPCC. 2000. Land-Use, Land-Use Change and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2009. Full text of the Convention. Article 2: Objective. Retrieved: October 6 2009. Available: [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/background/items/1353.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php)
- La Vina, A. 2002. From Kyoto to Marrakech: Global Climate Politics and Local Communities. Working

- Paper: Globalization, Environment and Communities. WorldResources Institute.
- Refaat, A. 2009. The imperative need for an integrated energy and climate policy for Africa. *International Journal of Energy and Environment*: Issue 1, Volume 3.
- Roshetko, J., R. Lasco, M. Delos Angeles. 2007. Smallholder Agroforestry Systems for Carbon Storage. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 219-242.
- Trines, E., N. Höhne, M. Jung, M. Skutsch, A. Petsonk, G. Silva-Chavez, P. Smith, G. Nabuurs, P. Verweij, B. Schlamadinger. 2006. Integrating agriculture, forestry and other land use in future climate regimes. Netherlands Environmental Assessment Agency.
- UNEP. 2009. Land Use, Land-Use Change and Forestry: Transfer and Local Adaptation of Technology. Revised: October 6, 2009. Available: [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_sr/?src=/Climate/ipcc/land\\_use/290.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/Climate/ipcc/land_use/290.htm)
- UNFF Country - Led Initiative. 2004. Report: Global Workshop on transfer of environmentally sound Technologies and Capacity Building for Sustainable Forest Management. Republic of Congo.
- Verchot, L., M. Van Noordwijk, S. Kandji, T. Tomich, C. Ong, A. Albrecht, J. Mackensen, C. Bantilan, K. V. Anupama, C. Palm. 2007. Climate Change: Linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 901-918.
- Kandji, S., L. Verchot, J. Mackensen, A. Boye, M. van Noordwijk, T. Tomich, C. Ong, A. Albercht, C. Palm. 2006. Opportunities for linking climate change adaptation and mitigation through agroforestry systems (Chapter 13), in: Garrity, D., Okono, M. Grayson, and S. Parrott, Eds. *World Agroforestry into the Future*. World Agroforestry Centre. Nairobi.
- Rao, KPC, L. Verchot, and J. Laarman. 2007. Adaptation to Climate Change through sustainable management and development of agroforestry systems. *World Agroforestry Center. SAT ejournal*: December, Vol 4, Issue 1. Nairobi, Kenya.
- IPCC. 2006. CDM Methodologies: eligibility, general rules, methodological tools, approved methodologies (EB25 Update, September 18<sup>th</sup>, 2006).

## Estudio y evaluación del contenido de plomo total en alimentos procesados en expansores tipo batch tradicionales y prototipo rediseñado

*Study and evaluation of total lead content in processed foods in batch expanders and redrawn traditional prototype*

Jhony Mayta Hanco <sup>(1)</sup>, Alfredo Palao Iturregui <sup>(1)</sup>, Rosario Bravo Portocarrero <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Facultad de Ciencias Agrarias.  
jhonymayta@hotmail.com; lpalao@hotmail.com; rbravop1@hotmail.com

### Resumen

Se evaluó el contenido de plomo total en cereales y alimentos expandidos procesados en expansores tipo batch comunes y un prototipo rediseñado libre de plomo, se comparó con el nivel máximo (NM) del Codex Alimentarius para cereales ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Los reportes de laboratorio indican que los cereales contienen valores menores a  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  de plomo total. Los alimentos expandidos procesados en expansores tipo batch comunes provenientes de las provincias de Yunguyo, El Collao, Puno, San Román, Huancané, Melgar y Cusco, contienen promedios de  $2.59 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de quinua,  $3.07 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de maíz,  $6.02 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de arroz y  $2.82 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de trigo. Los alimentos expandidos con el prototipo rediseñado tuvieron promedios de  $0.15 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de quinua;  $0.48 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de maíz; menor a  $0.10 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de arroz y  $0.23 \text{ mg kg}^{-1}$  para expandido de trigo. Entre los cereales y alimentos expandidos con el prototipo rediseñado no difieren estadísticamente y están dentro del NM del Codex Alimentarius, sin embargo los alimentos expandidos procesados con expansores tipo batch comunes provenientes de provincias, superan ampliamente el NM. Los materiales y partes de contacto con los alimentos del prototipo rediseñado fueron: Teflón (tapa) y acero inoxidable calidad 304-2b (cámara) los que redujeron el contenido de plomo total en los alimentos expandidos.

**Palabras clave:** Plomo, expansor tipo batch, alimentos expandidos

### Abstract

It was assessed the content of total lead in cereals and expanded processed food within the batch type and the redesigned prototype free of lead; it was compared the maximum level (ML) of Codex Alimentarius for cereals ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ). The laboratory reports show that cereals have values less to  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  of total lead. The expanded food in expanded of common batch type, come from the provinces of Yunguyo, Collao, Puno, San Román, Huancané, Melgar and Cusco; with an average of  $2.59 \text{ mg kg}^{-1}$  for the expansion of quinoa,  $3.07 \text{ mg kg}^{-1}$  for corn,  $6.02 \text{ mg kg}^{-1}$  for rice and  $2.82 \text{ mg kg}^{-1}$  for wheat. The expanded food with the redesign prototype had an average of  $0.15 \text{ mg kg}^{-1}$  for the expansion of quinoa;  $0.48 \text{ mg kg}^{-1}$  for corn; less than  $0.10 \text{ mg kg}^{-1}$  for the expansion of rice and  $0.23 \text{ mg kg}^{-1}$  for wheat. Among the cereals and expanded food with the redesign prototype there was not statistical difference, and they are within the ML of the Codex Alimentarius. However, the expanded processed foods with the batch expanders that come from the provinces have had a better performance in the ML. The materials and the contact parts of the redesign prototype food were: Teflon (cover), and stainless steel of 304-2b quality (chamber), that reduced the content of total lead in the expanded food.

**Keywords:** Lead, batch type expander, expanded food

## INTRODUCCIÓN

Para la OMS los principales problemas sanitarios que pueden tener su origen en los productos son los causados por microorganismos como *salmonellas* y *campylobacterias*, infecciones enterohemorragicas causadas por *E. Coli* y *listeriosis*, y *cólera* en países en desarrollo; *micotoxinas*, *dioxinas*, *priones*, residuos de pesticidas, medicamentos y metales pesados (plomo, cadmio y mercurio). De los problemas mencionados varios de ellos pueden tener su origen o parte de su origen en la alimentación (FAO/OMS, 2001).

Los alimentos contaminados con plomo tienen efectos en la salud, estos se bioacumulan en el organismo, teniendo como consecuencia la enfermedad del saturnismo, razón por la cual el comité del *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 230-2001, revisión 1-2003) en el apartado de observaciones, mantuvo el nivel máximo de plomo total ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) para los granos de cereales, legumbres y leguminosas. El Reglamento (CE) n° 1831/2003, establece los contenidos máximos de plomo para "alimentos infantiles" para lactantes y niños de corta edad ( $0.02 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

El consumo de los alimentos expandidos principalmente quinua, maíz, trigo y arroz ha tenido un incremento en los últimos años y tienen gran aceptación especialmente en los niños. Sin embargo el uso de expansores tipo *batch* contruidos con materiales inadecuados (plomo), combustión del kerosene como fuente de calor, merecen un estudio y evaluación con las normas internacionales desde la materia prima, procesamiento, producto final y un análisis de costos (Febres, 2004).

El objetivo general del trabajo de investigación fue: Estudiar y evaluar el contenido de plomo total en alimentos procesados en expansores tipo batch tradicionales y prototipo rediseñado. Los objetivos específicos fueron: 1. Cuantificar y evaluar el contenido de plomo total en cereales (quinua, maíz, trigo y arroz) y alimentos expandidos. 2. Rediseñar y construir un prototipo de expansor tipo batch sin materiales de plomo.

## METODOLOGÍA

Las muestras de productos expandidos fueron de las provincias de Yunguyo, El Collao, Puno, San Román, Huancané, Melgar y Cusco. El rediseño y la construcción del expansor tipo batch se realizó en la Empresa Servifabri de la ciudad de Lima-

Perú. Las determinaciones de plomo total de las muestras de cereales y productos expandidos se hicieron en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) La Paz-Bolivia. Las pruebas de funcionamiento del expansor rediseñado tipo batch y la obtención de productos expandidos, se realizaron en la Empresa El Altiplano SAC de la ciudad de Juliaca-Perú.

Se utilizaron muestras de cereales: Trigo (*Triticum aestivum L.*) variedad El Gavilán, arroz (*Oriza sativa L.*) variedad Basmati y maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) variedad INIA-605 Perú, procedentes del mercado Manco Capac de la ciudad de Juliaca, puesto del Sr. Juan Yanque Belizario. La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad Pasankalla y variedad Salcedo INIA, fue procedente de la Empresa El Altiplano SAC, en cantidades de 50 gramos por muestra respectivamente. Dentro de los productos expandidos envasados, las muestras de expandidos de quinua fueron provenientes de las empresas El Altiplano SAC (Juliaca), TIC-PAC (Puno) e Inca Sur (Cusco). Los productos expandidos (trigo, maíz y arroz) a granel, se muestrearon de los mercados locales de la capital de las provincias respectivamente.

El contenido de plomo total, se realizó por el método de espectrofotometría por absorción atómica. Método CEM BI-8/EPA 239.2 y Microwave Reaction System/EPA 239.2

El experimento se estableció bajo un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), se analizaron 42 muestras con diferente número de repeticiones (ver tabla 1). El factor en estudio fue la contaminación de alimentos. Los tratamientos fueron los alimentos (quinua, maíz, arroz y trigo) y se consideró como bloque al estado del alimento (cereales, alimentos expandidos en provincias y alimentos expandidos con prototipo rediseñado). Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron comparados utilizando la prueba de Duncan ( $\alpha=0.01$ ). Finalmente, los niveles de significancia están representados por \* a  $P<0.01$  y  $P<0.05$ , \*\* a  $P<0.01$  y ns como no significativo.

## RESULTADOS

### Contenido de plomo total

En el gráfico 1 y la tabla 1, se presentan los resultados del contenido de plomo total en cereales, alimentos expandidos en provincias y con el prototipo rediseñado. Se puede observar que

el contenido de plomo total de los cereales son menores a  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$ , están por debajo del nivel máximo del *Codex Alimentarius* ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), este hecho se sustenta en lo manifestado por Poschenrieder & Barcelo (2004) que solo las plantas acumuladoras, las indicadoras y las excluyentes pueden acumular metales.

Al comparar el contenido de plomo total de los alimentos expandidos en provincias con las normas del *Codex Alimentarius*, sobrepasaron los niveles máximos. El incremento de plomo en alimentos posiblemente sería por el uso del equipo, ya que según Febres (2004), atribuye al equipo utilizado en el proceso como fuente de la

contaminación por plomo de alimentos expandidos. Asimismo al no estar envasados están expuestos también a la contaminación generada por los automóviles. Se observa un mayor contenido de plomo en el expandido de arroz, seguido de maíz, trigo y quinua, estos resultados probablemente estén relacionados con el contenido de carbohidratos y el índice de expansión, ya que según Chávez (1990) el almidón de los granos influye en el proceso de expansión por explosión y tras romper los puentes de hidrógeno, se aumenta la penetración de agua en los intersticios. Ello origina un aumento progresivo del volumen del grano de 8 a 16 veces con relación al trigo y unas 6 a 8 veces con relación al arroz (Castro, 1986)

**Tabla 1.** Contenido de plomo total ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de cereales y alimentos expandidos en provincias del departamento de Puno y Cusco con expansores tradicionales y prototipo rediseñado.

Repetición	BLOQUE I				BLOQUE II				BLOQUE III			
	Cereales				Alimentos expandidos en provincias				Alimentos expandidos con Prototipo rediseñado			
	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.4	1.4	7.5	3.3	<0.1	0.82	<0.1	<0.1
2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	4.6	4.5	4.5	4.6	0.2	0.14	<0.1	0.35
3	<0.1	--	--	--	4.4	1.7	7.3	1.1	<0.1	--	--	--
4	<0.1	--	--	--	0.41	1.3	10	2.3	<0.1	--	--	--
5	--	--	--	--	4.9	6.3	3.9	4.5	--	--	--	--
6	--	--	--	--	<0.1	3.2	2.9	1.1	--	--	--	--
7	--	--	--	--	0.58	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	0.31	--	--	--	--	--	--	--
<b>Promedio</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>2.59</b>	<b>3.07</b>	<b>6.02</b>	<b>2.82</b>	<b>0.13</b>	<b>0.48</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>0.23</b>

Fuente: LCA-UMSA (2009)

**Tabla 2.** Análisis de varianza del contenido de plomo total de las variables en estudio.

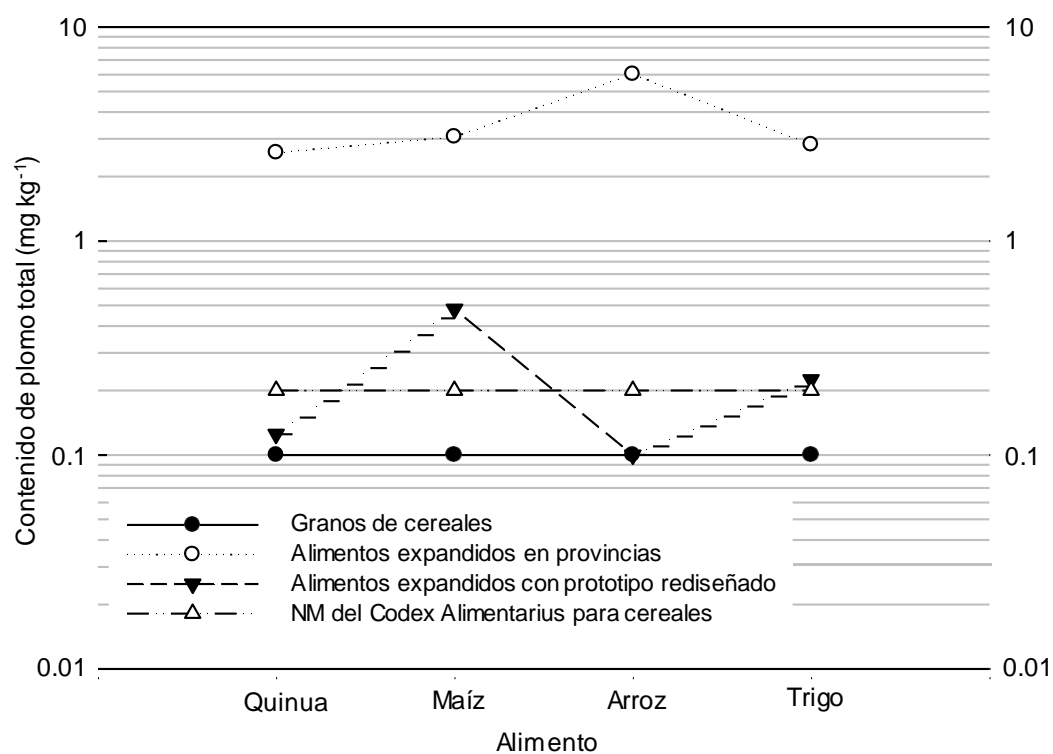
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F	Sig.
Bloques	2	10.76	5.38	27.87	<0.0001	**
Alimentos	3	1.45	0.48	2.50	0.0729	n.s.
Error	40	7.72	0.19			
Total	45	19.92				

Fuente: Elaboración propia (2009)

**Tabla 3.** Prueba de comparación múltiple de Duncan al 1% para los bloques

Bloque	Media	N	Grupo Duncan
Alimentos expandidos en provincias	3.54	26	a
Alimentos expandidos con prototipo rediseñado	0.21	10	b
Granos de cereales	0.10	10	b

Fuente: Elaboración propia (2009)

**Gráfico 1.** Contenido promedio de plomo total ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en cereales, alimentos expandidos y el Codex Alimentarius para cereales



El expandido de maíz con el prototipo rediseñado, sobrepasó los niveles máximos del *Codex Alimentarius*, este incremento probablemente sea por el ambiente de trabajo, derretimiento de la pintura de la superficie del equipo por la acción del calor suministrado en la operación de calentamiento del expansor, ya que, Romieu (2003) señala a la pintura, soldaduras y el barniz como fuente de contaminación por plomo en alimentos.

Se realizó el análisis de varianza, al realizar la prueba de F se encontró una alta significación estadística para los bloques, por lo que se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan al 1% para observar mejor las diferencias de los promedios.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 1%, indica que, los alimentos expandidos de provincias tienen una media de 3.54 mg kg<sup>-1</sup> de plomo total, que sobrepasa las normas del *Codex Alimentarius*. En cambio los alimentos expandidos con el prototipo rediseñado y los

granos de cereales (0.21 y 0.20 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente) no presentan diferencias estadísticas en el contenido de plomo. Las razones de la similitud del contenido de plomo entre cereales y alimentos expandidos con el prototipo rediseñado son por el material de contacto con los alimentos son de teflón (en la tapa) y acero inoxidable (en la cámara), pues, según el MINSA/DIGESA (1998) indica que el equipo y los utensilios empleados en la manipulación de alimentos, deben estar fabricados de materiales que no produzcan ni emitan sustancias tóxicas ni impregnen a los alimentos y bebidas de olores o sabores desagradables.

#### Prototipo rediseñado

Con la finalidad de determinar las condiciones de proceso del prototipo rediseñado se realizaron pruebas de ajuste. Estas pruebas fueron: Cierre hermético, cantidad de carga, presión de retiro de la fuente de calor y presión de descarga con diferentes alimentos tal como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Condiciones de proceso del prototipo rediseñado para la obtención de diferentes alimentos expandidos en la Empresa El Altiplano SAC - Juliaca.

Alimento	Carga por batch (kg)	Humedad adecuada (%)	Presión de:	
			Retiro de la fuente de calor (lb/pulg <sup>2</sup> )	Explosion descarga (lb/pulg <sup>2</sup> )
Maíz	1.5	10	130	150
Arroz	1	10	100	130
Trigo	1	10	130	150
Quinua	0,5	15	100	160
Kiwicha	1,5	15	100	150
Habas	1,5	10	80	100

Fuente: Elaboración propia (2008)

Los resultados de las condiciones de procesotales como carga por batch, humedad, retiro de la fuente de calor y la presión de explosión para diferentes alimentos están alrededor de las condiciones indicadas por Montero (1992) a 3200 msnm; asimismo indica que las condiciones de proceso varían de acuerdo al lugar y la altura.

Los materiales del prototipo rediseñado constan de: Hierro fundido (2 medias tapas, 2 soportes laterales, volante). Acero inoxidable 300 (Tapa porta sello, horquilla con tuerca central, eje central roscado, eje lateral, palanca de ajuste de 5/8 pulg de diámetro, palanca de seguro de 1/2 pulg

de diámetro). Acero inoxidable 304-2b (cámara receptora). Teflón para sellado hermético, soporta temperaturas superiores a 300°C. Otros (manómetro con glicerina, fuente de suministro de calor a base de gas licuado de petróleo). Los accesorios están compuestos por una boquilla, válvula, manguera y regulador de gas.

## CONCLUSIONES

El contenido de plomo total promedio en los cereales de quinua, maíz, arroz y trigo son menores a  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Los alimentos expandidos de quinua, maíz, arroz y trigo que se expenden en mercados de provincias contienen en promedio  $2.91$ ;  $3.07$ ;  $6.02$  y  $2.82 \text{ mg kg}^{-1}$ . Los expandidos de los mismos cereales procesados en el prototipo rediseñado contienen  $0.15$ ;  $0.48$ ; menor de  $0.10$  y  $0.23 \text{ mg kg}^{-1}$  de plomo total respectivamente. Los cereales y alimentos expandidos con el prototipo rediseñado, no difieren estadísticamente y están alrededor del nivel máximo del *Codex Alimentarius* para cereales ( $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Sin embargo el contenido de plomo total en los alimentos expandidos de provincias supera ampliamente el nivel indicado anteriormente.

Los materiales y partes de contacto con los alimentos del prototipo rediseñado son: Teflón (tapa) y acero inoxidable calidad 304-2b (cámara), los que redujeron el contenido de plomo total en alimentos expandidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castro, N. R. (1986). Procesamiento de la cebada por el método de expansión por explosión. Tesis, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Chávez, R. N. (1990). Planta de procesamiento de maíz, trigo y arroz por el método de expansión por explosión. Proyecto de pre factibilidad. Tesis, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Directiva 2006/125/CE. (2006). Relativa a los alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad. Diario oficial de la Unión Europea.
- FAO/OMS. (2007). Comisión del *Codex Alimentarius*: Manual de procedimiento. (17 ed.). Roma, Italia: ISSN 1020-8097.
- FAO/OMS. (2001). Informe de la 32a reunión del comité del *Codex* sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. Ginebra, Suiza: ALINORM 01/12.
- Febres, M. (2004). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Recuperado el 13 de agosto de 2008, de Proyecto regional DESK de la red de transferencia tecnológica. Informe de consultoría. Sector Agroindustria: <http://www.concytec.gob.pe/red-andina/nodoperu/inforsecprioza/3sectoragroindustria.pdf>
- MINSA/DIGESA. (1998). Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. Decreto Supremo N° 007-98-SA, MINSA/DIGESA, Lima.
- Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. (4 ed.). (V. Gonzales y Pozo, Trad.) México: PEARSON Educación.
- Montero, R. (1992). Expandidos. Tecnología intermedia ITDG - Programa de procesamiento de alimentos (3), 24.
- Mujica, A., ortiz, R., bonifacio, A., saravia, R., corredor, G., romero, A., Y otros. (2006). Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los países andinos. Puno, Perú: Altiplano EIRL.
- Poschenrieder, C., & barcelo, J. (2004). Estrés por metales pesados. En M. J. Reigosa, N. Pedrol, & A. Sánchez, La eco fisiología vegetal. Una ciencia de síntesis. (pág. 1193). España: Paraninfo S.A.
- Reglamento CE N° 466/2001. (8 de Marzo de 2001). Centro tecnológico de la industria cárnica de La Rioja. Recuperado el 13 de Agosto de 2008, de Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario oficial de la Unión Europea: [http://www.ctic-larioja.es/informacion/biblio\\_legislacion/legislacion84.pdf](http://www.ctic-larioja.es/informacion/biblio_legislacion/legislacion84.pdf)
- Romieu, I. (2003). Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en latinoamérica. Salud Pública (2:S244-S251), 8.
- Skoog, D. A., holler, F. J., & crouch, S. R. (2008). Principios de análisis instrumental. (6 ed.). (M. B. Anzures, Trad.) México: Cengage Learning.



(a)



(b)

**Figura 1.** (a) Vista lateral del expansor tipo batch tradicional, (b) tapa rellena con plomo. Cortesía de la Empresa El Altiplano SAC – Juliaca (2008)



(a)



(b)

**Figura 2.** (a) Vista de perfil del prototipo rediseñado, (b) tapa provista de teflon. Cortesía CICADER-FCA-UNAP-NUS-IFAD II (2008)

## Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

*Effect of the expansion pressure process by explosion and toast temperature on some functional and physicochemical characteristics on two varieties of cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*

Robinson L. Tacora Cauna<sup>(1)</sup>, Genny I. Luna Mercado<sup>(1)</sup>, Rosario Bravo Portocarrero<sup>(1)</sup>, Jhony Mayta Hanco<sup>(1)</sup>, Martín Choque Yucra<sup>(1)</sup> y Vladimiro Ibañez Quispe<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Facultad de Ciencias Agrarias. UNA-Puno. <sup>(2)</sup>Facultad de Ingeniería Estadística e Informática. UNA-Puno. E-mail de correspondencia: jhonymayta@hotmail.com

---

### Resumen

Se evaluó el efecto que ejerce el proceso de expansión por explosión a presiones de 120, 140 y 160 lb pulg<sup>-2</sup> y el proceso de tostado a temperaturas de 130, 160 y 190 °C en el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante, fitatos así como en sus características fisicoquímicas: grado de gelatinización, índice de absorción e índice de expansión de cañihua en las variedades cupi e Illpa INIA 406, dando como resultado que el proceso de expansión por explosión incrementó el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante a medida que las presiones aumentaron, el contenido de fitatos no presentó variaciones significativas, el grado de gelatinización, índice de expansión tanto como el índice de absorción de agua aumentaron en las dos variedades, mientras que el proceso de tostado acrecentó el contenido de polifenoles totales aumentó progresivamente, la capacidad antioxidante experimentó una leve disminución inicial e incrementando su valor progresivamente a temperaturas mayores, no existiendo una variación considerable del contenido de fitatos, se produjo un incremento inicial las características fisicoquímicas, disminuyendo estas a 190 °C, siendo similares en ambas variedades, dando a entender que el proceso de expandido genera mejores características funcionales en comparación con el tostado mientras que las características fisicoquímicas son variables en los dos procesos pero que ambos poseen características buenas para su consumo.

**Palabras clave:** Cañihua, expansión por explosión, tostado, polifenoles, capacidad antioxidante, fitatos, gelatinización.

### Abstract

The effect exerted by the expansion process by explosion at pressures of 120, 140 and 160 lbf in<sup>-2</sup> and the toasting process at temperatures of 130, 160 and 190 °C in the total polyphenol content, antioxidant capacity, phytates and in their physicochemical characteristics: degree of gelatinization, absorption rate and rate of expansion in the varieties cañihua cupi and Illpa INIA 406, resulting in the explosion process of expansion increased the total polyphenol content and antioxidant capacity as pressures increased, the phytate content was not statistically significant, the degree of gelatinization, high growth rate as the rate of absorption of water increased in both varieties, while the roasting process increased the total polyphenol content increased progressively, antioxidant capacity revealed a slight initial decrease and increase its value progressively higher temperatures, there being considerable variation in the phytate content, there was an initial increase in physical and chemical characteristics, reducing these to 190 °C, being similar in both varieties, giving understand that the expanded process leads to better functional characteristics compared with the toasted while the physical and chemical characteristics are variable in both processes, but both have good features for its consumption.

**Keywords:** Cañihua, expansion, explosion, roasted, polyphenols, antioxidant capacity, phytates, gelatinization.

## INTRODUCCION

La cañihua es uno de los granos andinos menos estudiados y más nutritivos, su contenido y calidad proteica es excepcional (15-19%) como también es rico en micronutrientes tales como hierro y calcio (Repo-Carrasco, 2009).

Sus características agronómicas y valor nutritivo hacen que se constituya en una importante alternativa para enfrentar el déficit alimentario, tanto en nutrientes como en las características que no proporcionan calorías y aminoácidos pero tienen unas propiedades fisiológicas y nutritivas esenciales de tal forma que su carencia puede provocar enfermedades serias como: Cáncer y enfermedades cardiovasculares, además de trastornos digestivos e inmunológicos, alteraciones de comportamiento y en general envejecimiento del organismo y entre estos componentes se encuentran los componentes que proporcionan al alimento una capacidad antioxidante, contenido de fitatos, polifenoles totales, llamados en general alimentos con características funcionales (Montreal et al., 2002).

Es necesario presentar alternativas naturales con componentes funcionales adecuados como es el caso de la cañihua que permitan ser utilizados en la complementación de la dieta de la población de diversa edad, los cuales requieren alternativas naturales y disponibles, que garanticen que con el proceso de elaboración (expandidos y tostado por ejemplo) mantengan sus características de alimentos funcionales teniendo en cuenta que las variaciones de las condiciones de los procesos de transformación produce efectos en la calidad de los productos, variando considerablemente en cada tipo de proceso (Ejiqui, 2005).

El objeto de esta investigación fue evaluar los cambios que sufran los componentes funcionales tales como la capacidad antioxidante, el contenido de fitatos y polifenoles totales y algunas características fisicoquímicas por efecto de procesamiento de los dos procesos de transformación más utilizados para este producto como son el proceso de expansión por explosión y el proceso de tostado, sometidos a diferentes parámetros, esto con el afán de contribuir al desarrollo tecnológico orientado al mejoramiento de la nutrición, salud y por ende al mejoramiento de la producción agroindustrial revalorando un cultivo andino olvidado y que además reportara beneficios y desarrollo para la región.

## METODOLOGÍA

### Materiales y reactivos

*Equipos:* Espectrofotómetro, balanza analítica, centrifuga, termómetro IR, titulador, cañón expansor experimental tipo Batch con tapa de teflón.

*Reactivos:* Folin Ciocalteu, DPPH (2,2 Diphenyl-1-Picrylhydrazyl), metanol, carbonato de sodio, ácido clorhídrico, sulfato de sodio, persulfato amónico, ácido sulfosalicílico, EDTA sal disódica, glicina, hidróxido de potasio, yoduro de potasio, amonio hierro sulfato 6 hidratado.

### Expansión por explosión y tostado

El proceso de expandido radicó en acondicionar la materia prima de cada variedad, haciendo la limpieza, selección y agregando agua hasta llegar a una humedad de 7.5 % antes de ser llevado al cañón expandidor que es pre-calentado durante 30 minutos aproximadamente con un movimiento constante, luego se alimentó a la cámara, mediante un embudo metálico por la boca de la cámara, cerrando herméticamente la tapa del cañón. Se calentó bajo presión, hasta alcanzar el nivel necesario de presión (120, 140 y 160 Lbf pulg<sup>-2</sup>), para luego abrir la tapa del cañón que es cuando se produce una caída de presión haciendo que los granos salgan de manera explosiva, entonces es cuando se procedió a tomar muestras del producto para su análisis.

El proceso de tostado se realizó en forma artesanal que consistió en efectuar una selección, lavado y secado previo, para luego colocar los granos de cañihua en un recipiente y someter a tres diferentes temperaturas (130, 160 y 190 °C), las cuales fueron controladas por medio de un termómetro laser. Una vez tostada la muestra, se efectuó el enfriamiento que se realizó a temperatura ambiente para posteriormente envasar las muestras para ser evaluadas.

### Determinación de contenido de polifenoles totales (PT)

Se cuantificó por el método de Swain y Hillis (1959) citado por Aguilar (2002) mediante una extracción con etanol y separación por centrifugación. El sobrenadante se diluye con agua pura y se determina espectrofotométricamente con el reactivo de Folin Ciocalteu, y usando como patrón una solución de ácido gálico.

### Determinación de capacidad antioxidante (CA)

La capacidad antioxidante se determinó por el método de Brand-Williams et al, (1995) donde los compuestos con actividad antioxidante reaccionan con el radical estable 2,2-difenil-1-picrylhidrazil (DPPH) en una solución de metanol. La reducción del DPPH es seguida por monitoreo de la disminución de la absorbancia en la longitud de onda característica durante la reacción. El radical en forma de DPPH absorbe a 515 nm y por reducción con un antioxidante o una especie radical disminuyendo la absorbancia.

### Determinación de contenido de fitatos (FI)

Se determinó por el método reportado por Schmidt-Hebbel (2002) que se fundamenta en la solubilización de los fitatos con ácido clorhídrico y sulfato de sodio, posteriormente tratado con sulfato ferroso amoniacal oxidado y ácido sulfosalicílico con los que se calienta con agua a ebullición por 15 minutos para formar un precipitado (fitato férrico) que luego es titulado el exceso de hierro con EDTA- $\text{Na}_2$  hasta el viraje del color rojo marrón a amarillo claro, para luego determinar el porcentaje del ácido fítico.

### Determinación de las Características Físicoquímicas.

**Grado de gelatinización (GG).**- Se determinó por el método de Wootton y Munk (1971) reportado por Chinma y Igyor (2008), que consiste en la razón entre el almidón gelatinizado y el almidón total, calculados por medio de mediciones espectrofotométricas del complejo almidón – Yodo formando una suspensión acuosa de muestra antes y después de una solubilización completa del almidón mediante un álcali.

**Índice de absorción de agua (IA).**- Se determinó calculando gravimétricamente la cantidad de material disuelto y la proporción de agua absorbida después de la agitación de una suspensión del alimento a temperatura ambiente

**Índice de Expansión (IE).**- Para la determinación de este parámetro, se midió la relación de las unidades de volumen que ocupan los granos sin reventar y el volumen que ocupan los granos luego de ser tostados o expandidos.

**Análisis proximal.**- Se terminó la humedad por secado, la ceniza por calcinación, los lípidos por extracción por solventes-Soxhlet, la proteína por el método Micro Kjeldahl, la fibra cruda por digestión ácida y alcalina y los carbohidratos por diferencia (AOAC, 1990).

### Análisis Estadístico

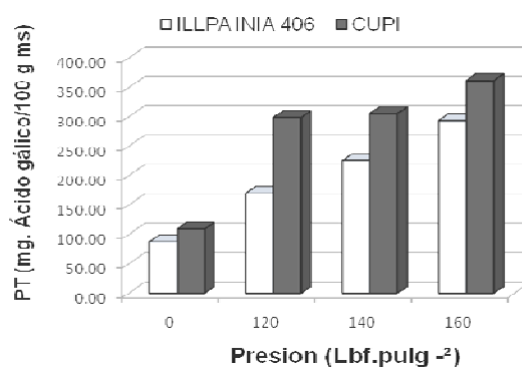
Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y fueron sujetos al análisis de varianza (ANOVA) mediante un arreglo factorial de dos factores, donde la evaluación de la diferencia de los valores significativos fue analizada mediante la prueba de Duncan.

## RESULTADOS

### Proceso de expandido por explosión

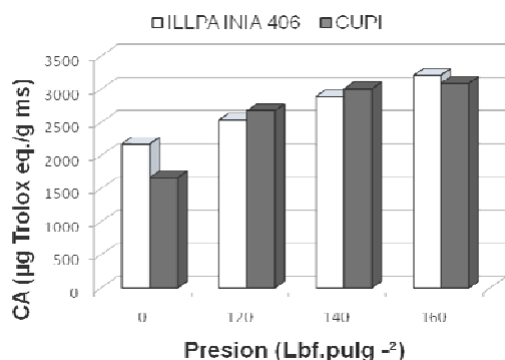
#### Polifenoles totales del grano de cañihua expandida

Los polifenoles totales del grano de cañihua extruida se puede observar en la Tabla 1 donde se observa que el contenido porcentual de polifenoles totales incrementa con respecto al contenido inicial mostrado en el grano de cañihua no procesada en ambas variedades. Tales resultados nos señalan que el proceso de expandido por explosión influyen positivamente en el contenido de polifenoles totales de la cañihua, esto debido posiblemente a recientes investigaciones sugieren que los productos de la reacción de Maillard formados como consecuencia del tratamiento de calor intenso o almacenamiento prolongado, generalmente exhiben fuertes propiedades antioxidantes, generalmente rompiendo la cadena y la actividad secuestrante del oxígeno (Kaur and Kapoor, 2001). El contenido de polifenoles aumenta a media que las presiones de trabajo se incrementan como se muestra en la Figura 1, mostrando también que ante el cambio de variedad, el contenido de polifenoles varía.



**Gráfico 1.** Efecto de la presión de expandido en el contenido de polifenoles totales de 2 variedades de cañihua expandida





**Gráfico 2.** Efecto de la presión de expandido en la capacidad antioxidante de 2 variedades de cañihua expandida

### Capacidad Antioxidante del grano de cañihua expandida

Los valores de la capacidad antioxidante del grano de cañihua expandida se exponen en la Tabla 1 donde se puede observar que ambas variedades tienen similar capacidad antioxidante, y que su comportamiento al ser sometida a diferentes presiones varía ligeramente (Figura 2). Los valores iniciales de la capacidad antioxidante incrementaron al ser sometidas al expandido por explosión en las tres presiones trabajadas. Tales valores son mayores al ser comparados a los obtenidos por Luna G., (2005) donde se obtuvo una capacidad antioxidante de 5.415 µg Trolox eq.g<sup>-1</sup> ms en la variedad cupi y 5.450 µg Trolox eq.g<sup>-1</sup> ms en la variedad Illpa INIA 406, esta diferencia se debe probablemente a que en la extrusión se utiliza temperaturas altas, altas presiones en tiempos breves (Pokorny et al., 2001) mientras que recientes estudios llevados a cabo en tomate, café y té mostraron que un prolongado tiempo de calentamiento aumenta la capacidad antioxidante de estos alimentos induciendo la formación de componentes con esta actividad por ejemplo productos de la reacción de Maillard (Arena et al. 2001)

### Capacidad Antioxidante del grano de cañihua expandida

Los valores de la capacidad antioxidante del grano de cañihua expandida se exponen en la Tabla 1

donde se puede observar que ambas variedades tienen similar capacidad antioxidante, y que su comportamiento al ser sometida a diferentes presiones varía ligeramente (Figura 2). Los valores iniciales de la capacidad antioxidante incrementaron al ser sometidas al expandido por explosión en las tres presiones trabajadas. Tales valores son mayores al ser comparados a los obtenidos por Luna G., (2005) donde se obtuvo una capacidad antioxidante de 5.415 µg Trolox eq.g<sup>-1</sup> ms en la variedad cupi y 5.450 µg Trolox eq.g<sup>-1</sup> ms en la variedad ILLPA INIA 406, esta diferencia se debe probablemente a que en la extrusión se utiliza temperaturas altas, altas presiones en tiempos breves (Pokorny et al., 2001) mientras que recientes estudios llevados a cabo en tomate, café y té mostraron que un prolongado tiempo de calentamiento aumenta la capacidad antioxidante de estos alimentos induciendo la formación de componentes con esta actividad por ejemplo productos de la reacción de Maillard (Arena et al. 2001)

El comportamiento de la capacidad antioxidante en el proceso de expandido por explosión se asemeja al comportamiento de polifenoles totales del mismo proceso ya que según Pas'ko, (2009) existe una fuerte correlación entre el contenido de polifenoles totales de los pseudo cereales y la actividad antioxidante de los mismos sugiriendo que el contenido de polifenoles totales es un buen indicador de la capacidad antioxidante.

### Fitatos del grano de cañihua expandida

Se observa que el contenido de fitatos sufre variaciones mínimas o mínimamente significativas en todas las condiciones de proceso (Tabla 1), este comportamiento es mínimo ya que los valores oscilan de un mínimo de 0.98 % Ácido Fítico a un máximo de 1.16 % Ácido Fítico no existiendo mucha diferencia en las variaciones. Los resultados obtenidos se asemejan a los obtenidos por Luna, (2005) donde la cañihua no sufrió cambios significativos al ser sometida al proceso de extrusión, deduciendo así que el proceso de expandido por explosión no afecta sustancialmente el contenido de fitatos.

**Tabla 1.** Efecto de la presión de expandido en las características funcionales y fisicoquímicas de la cañihua expandida

	Muestra cruda		120 (Lbf.pulg <sup>-2</sup> )		140 (Lbf.pulg <sup>-2</sup> )		160 (Lbf.pulg <sup>-2</sup> )	
	Illpa	Cupi	Illpa	Cupi	Illpa	Cupi	Illpa	Cupi
	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S
CA	2174±33.32	1667±120.85	2537±135.33	2677±62.95	2889±22.84	3006±37.34	3211±9.72	3089±39.33
PT	87.35±0.88	109.29±0.76	170.1±5.57	298.47±3.84	225.14±14.93	305.42±3.12	293.16±11.25	361.56±5.81
FI	1.04±0.01	1.02±0.02	1.16±0.01	1.00±0.04	1.13±0.01	1.02±0.01	1.11±0.01	0.98±0.03
GG	-	-	54.77±4.27	47.26±2.97	60.09±1.73	63.59±2.34	79.92±2.47	84.58±4.27
IE	-	-	3.55±0.01	3.75±0.03	3.62±0.02	3.79±0.01	3.96±0.01	3.88±0.03
IA	-	-	1.95±0.08	2.14±0.11	2.34±0.1	2.85±0.10	3.87±0.07	4.68±0.28

X: Promedio de 3 repeticiones; S: Desviación estándar; CA: Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Trolox eq g}^{-1}\text{ms}$ ); PT: Polifenoles totales (mg. Ácido gálico  $100\text{ g}^{-1}\text{ms}$ ); FI: Fitatos (% Ácido Fítico); GG: Grado de gelatinización (%); IE: Índice de expansión; IA: Índice de absorción de agua

**Tabla 2.** Efecto de la presión de expandido en la composición proximal de la cañihua expandida

	Muestra cruda		120 (Lbf.pulg <sup>-2</sup> )		140 (Lbf.pulg <sup>-2</sup> )		160 (Lbf.pulg <sup>-2</sup> )	
	ILLPA	Cupi	ILLPA	Cupi	ILLPA	Cupi	ILLPA	Cupi
	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S	X±S
Hum	8.26±0.47	7.5±0.36	4.39±0.25	4.29±0.08	4.36±0.16	4.20±0.13	3.67±0.10	3.70±0.04
Cen	2.61±0.10	3.13±0.26	5.18±0.11	6.43±0.20	3.76±0.09	6.57±0.34	2.83±0.09	5.34±0.05
Gras	8.79±0.10	8.15±0.05	7.92±0.15	7.15±0.06	7.3±0.24	7.45±0.15	6.05±0.08	5.96±0.11
Prot	13.67±0.22	14.85±0.30	9.55±0.12	6.01±0.09	6.72±0.37	6.76±0.28	12.49±0.42	12.22±0.06
Fib	6.41±0.20	6.91±0.10	5.51±0.20	6.36±0.17	5.66±0.18	6.00±0.11	5.15±0.21	6.05±0.13
Carb	60.26±0.84	59.45±0.50	67.45±0.48	69.77±0.07	72.19±0.53	69.02±0.27	69.82±0.59	66.74±0.02

X: Promedio de 3 repeticiones; S: Desviación estándar; Hum: Humedad (%); Cen: Ceniza (%); Gras: Grasa (%); Prot: Proteína (%); Fib: Fibra cruda (%); Carb: Carbohidratos (%)



**Tabla 3.** Efecto de la temperatura de tostado en las características funcionales y fisicoquímicas de la cañihua tostada

Muestra cruda	130 (°C)		160 (°C)		190 (°C)	
	ILLPA X±S	Cupi X±S	ILLPA X±S	Cupi X±S	ILLPA X±S	Cupi X±S
CA	2174±33.32	1667±120.85	1943±53.29	1481±39.01	2206±30.9	1886±159.51
PT	87.35±0.88	109.29±0.76	170.46±0.84	229.16±5.60	187.65±5.57	241.6±4.4
FI	1.04±0.01	1.02±0.02	0.96±0.04	1.01±0.03	0.96±0.02	1.04±0.06
GG	-	-	26.03±1.91	29.34±3.03	55.88±4.68	62.38±2.87
IE	-	-	3.63±0.02	3.38±0.01	3.72±0.01	3.45±0.01
IA	-	-	3.97±0.09	2.61±0.22	4.96±0.15	3.97±0.12

X: Promedio de 3 repeticiones; S: Desviación estándar; CA: Capacidad antioxidante ( $\mu\text{g Trolox eq g}^{-1}\text{ms}$ ); PT: Polifenoles totales ( $\text{mg. Ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}\text{ms}$ ); FI: Fitatos (% Ácido Fítico); GG: Grado de gelatinización (%); IE: Índice de expansión; IA: Índice de absorción de agua

**Tabla 4.** Efecto de la temperatura de tostado en la composición proximal de cañihua tostada

Muestra cruda	130 (°C)		160 (°C)		190 (°C)	
	ILLPA X±S	Cupi X±S	ILLPA X±S	Cupi X±S	ILLPA X±S	Cupi X±S
Hum	8.26±0.47	7.5±0.36	3.42±0.26	2.58±0.38	1.33±0.06	0.97±0.15
Cen	2.61±0.10	3.13±0.26	3.33±0.11	3.8±0.13	4.47±0.22	4.96±0.16
Gras	8.79±0.10	8.15±0.05	8.6±0.32	7.99±0.03	7.45±0.1	7.55±0.44
Prot	13.67±0.22	14.85±0.30	13.96±0.21	12.53±0.69	12.95±0.79	12.13±0.26
Fib	6.41±0.20	6.91±0.10	4.99±0.06	6.39±0.09	6.7±0.11	6.54±0.11
Carb	60.26±0.84	59.45±0.50	65.69±0.44	66.72±0.89	67.11±0.49	67.84±0.54

X: Promedio de 3 repeticiones; S: Desviación estándar; Hum: Humedad (%); Cen: Ceniza (%); Gras: Grasa (%); Prot: Proteína (%); Fib: Fibra cruda (%); Carb: Carbohidratos (%)

### **Grado de gelatinización del grano de cañihua expandida**

Los resultados obtenidos (Tabla 1) son bajos debido probablemente a que en diferentes alimentos procesados el almidón es gelatinizado solo en parte a causa del limitado contenido de agua durante el procesamiento, los gránulos de almidón son expandidos ligeramente y la estructura interna está en parte intacta (Holm et al., 1988). En este trabajo se observó un comportamiento creciente del grado de gelatinización, debido posiblemente a que en la mayor parte de los procesos de expandido, micronizado, torrefactado y extrusionado producen alteraciones del tamaño de partícula y aumentos de temperatura, tanto por compresión como por vapor, durante los períodos de acondicionamiento, procesado o secado final, que afectan a la estructura de la proteína y el almidón (Guada J., 1993).

### **Índice de expansión del grano de cañihua expandida**

Se observa en la Tabla 1 que los índices de expansión obtenidos son ligeramente menores al máximo índice de expansión de la cañihua expandida (6.09 a 214 Lbf.pulg<sup>-2</sup>) reportado por Sucari, (2003) esto debido probablemente a la diferencia de presiones trabajadas y también a su forma nativa original y a la extensión del daño al almidón (definido como el rompimiento de la estructura molecular) porque está relacionada a los elementos fundamentales en la expansión de materiales con contenido de almidón (Harper, 1986 citado por Kokini et al., 1992). Los valores obtenidos muestran que existe un incremento del índice de expansión a medida que aumentan las presiones trabajadas y también existe una similitud en el comportamiento entre ambas variedades.

### **Índice de absorción de agua del grano de cañihua expandida**

Los resultados del índice de absorción de agua se muestran en la Tabla 1 donde ambas variedades perciben un incremento a medida que la presión aumenta con un similar comportamiento a grado de gelatinización, al respecto Poton y Pratt, (1981) citado por Aguirre (2003) propone al índice de absorción de agua como un método válido para medir la conversión de almidón, ya que afirma que una verdadera conversión se logra cuando se tiene un hinchamiento irreversible de este, lo cual es cuantificado por el índice de absorción.

### **Composición proximal de la cañihua expandida**

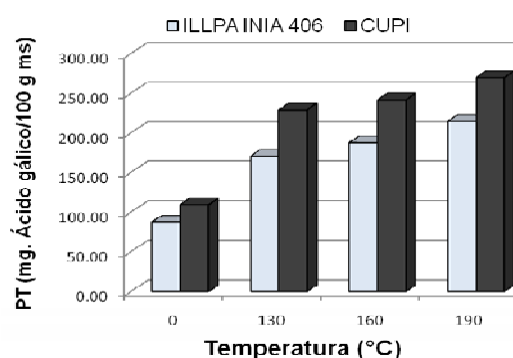
La composición proximal de la cañihua expandida en ambas variedades se muestra en la Tabla 2 donde se puede destacar que la cañihua al ser expandida redujo su humedad, los valores de ceniza se vieron afectados mínimamente, existió una disminución progresiva de la grasa a medida que se aumentaba la presión, esto podría ser a consecuencia de la volatilización de algunos ácidos grasos debido a la alta temperatura (Luna, 2005), con respecto a la proteína las dos variedades disminuyeron su porcentaje inicial al ser sometida a 120 Lbf.pulg<sup>-2</sup> e incrementando su porcentaje al aumentar las presiones, reducción inicial y posterior incremento que es debido probablemente a que la baja presión inicial a la cual se trabajó, hace que el producto no se expanda adecuadamente quemando en mayor grado la superficie del grano, trayendo como consecuencia la pérdida del embrión de la cañihua en el cual se concentra una importante cantidad de proteínas (Tapia, 2000 citado por Sucari, 2003), el contenido de fibra cruda de ambas disminuye ligeramente su contenido de fibra cruda a medida que la presión del proceso de expandido aumenta, esto se explica porque el alto contenido de fibra generalmente observado en la cañihua se debe a la presencia de perigonios que envuelven el grano y que no han sido eliminados por completo (Repo- Carrasco, 1992), la determinación de carbohidratos presentes en la cañihua se hizo por diferencia y por lo tanto la disminución de la mayor parte de los componentes proximales de la cañihua hace que el porcentaje de carbohidratos aumente existiendo una similitud estadística en ambas variedades.

### **Proceso de tostado**

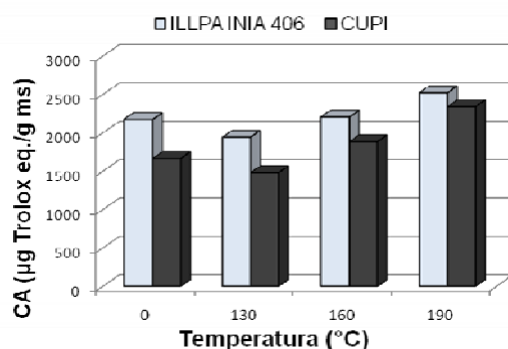
#### **Polifenoles totales del grano de cañihua tostada**

En la Tabla 3, se observa que el contenido de polifenoles totales se vio afectado significativamente por el proceso de tostado incrementando su contenido ante un incremento de temperatura (Figura 3). Estos resultados son similares al ser comparados con los obtenidos por Vásquez (2006) donde señala que el contenido de polifenoles totales obtenidos de la Kiwicha se incrementa a medida que la temperatura de tostado se aumenta significando esto que el tratamiento térmico influye positivamente en los compuestos fenólicos totales debido probablemente a que se producen productos pardos de la reacción de Maillard que incluyen polímeros solubles e insolubles mayormente azúcares reductores unidos

a aminoácidos o proteínas y otros compuestos nitrogenados que hace a la lisina indisponible, así mismo con el tostado se desdobra y se forman otros compuestos fenólicos que se unen a otros compuestos como carbohidratos y proteínas lo que harían aumentar el porcentaje de compuestos fenólicos totales (Saura-Calixto y Bravo, 2002).



**Gráfico 3.** Efecto de la temperatura de tostado en el contenido de polifenoles totales de 2 variedades de cañihua



**Gráfico 4.** Efecto de la temperatura de tostado en la capacidad antioxidante de 2 variedades de cañihua

#### Capacidad Antioxidante del grano de cañihua tostada

La capacidad antioxidante se muestra en la Tabla 3, donde se puede observar que la capacidad antioxidante disminuyó ligeramente a una temperatura de 130 °C en comparación con la muestra sin procesar, cambiando la tendencia al ser sometido a 160 °C y 190 °C produciendo una mayor capacidad antioxidante, este comportamiento se en las dos variedades. Estos resultados son similares a los reportados por Vásquez, (2006) donde a una temperatura de 100 °C la capacidad antioxidante de la kiwicha también disminuye y posteriormente incrementa al

ser sometida a una temperatura de tostado de 150 °C. La reducción inicial en la actividad antioxidante (Figura 4) puede ser atribuida no solamente a la degradación térmica de los antioxidantes, sino también a la formación temprana de productos de la reacción de Maillard con propiedades pro-antioxidantes (Kaur y Kapoor, 2001). La ganancia posterior en la actividad antioxidante coincidió con la formación de productos pardos de la reacción de Maillard (Kaur y Kapoor, 2001), por su parte Wangcharoen and Morasuk, (2009) señala que el producto tostado puede incrementar su capacidad antioxidante en un mayor nivel apreciable que el valor inicial dependiendo del grado de tostado. El comportamiento de la capacidad antioxidante de la cañihua tostada en ambas variedades difiere ligeramente del contenido de polifenoles totales, esto debido a que la capacidad antioxidante no siempre va aparejada con la concentración de polifenoles, Okawa et al, (2001) citado por Zavaleta et al., (2005) reporta que cuando se evalúa la capacidad de secuestro de radicales libres no siempre es debido únicamente al contenido de polifenoles sino también la posición del grupo hidroxilo, este varía dependiendo de la granulometría de las muestras, el lugar de origen, las condiciones climáticas y el tratamiento de los alimentos.

#### Fitatos del grano de cañihua tostada

El contenido de fitatos en la cañihua tostada se pueden observar en la Tabla 3 donde se observa leves cambios con respecto al contenido de fitatos inicial, manifestándose este cambio de manera distinta en cada variedad, pero el análisis estadístico muestra que los cambios en cada una de las variedades no son significativos, manifestando así que la variedad no influye en el contenido de fitatos de la cañihua y que las temperaturas de tostado tampoco causan cambios sustanciales en el contenido de ácido fitico. Para una disminución de su contenido Ejiqui et al. (2005) señala que al ser sometida a un tratamiento previo como la germinación, su contenido podría disminuir.

#### Grado de gelatinización del grano de cañihua tostada

En la Tabla 3 se observa que, ante el cambio de temperatura de tostado de 130 °C a 160 °C la cañihua presenta un incremento en su grado de gelatinización y ante el incremento de la temperatura a 190 °C el grado de gelatinización disminuye en ambas variedades. El incremento inicial es menor que el grado de gelatinización

obtenido por Bejar y Bustinza (2004) donde muestra que al ser tostado por una maquina experimental a 200 °C por un tiempo de 10 segundos la cañihua presenta un grado de gelatinización de 79.54%. Esto debido posiblemente a que las condiciones a las cuales se llevo a cabo el tostado fueron diferentes ya que el tostado manual estuvo expuesto a un mayor tiempo (10 s a 130 °C, 18 s a 160 °C y 24 s a 190 °C) produciendo se así el deterioro de algunos de sus componentes de su capa externa, ya que Alcazar, (2002) menciona que el proceso de tostado en granos secos se lleva a cabo entre 135 a 180 °C pero el proceso debe controlarse cuidadosamente para no producir efectos perjudiciales. El descenso del grado de gelatinización a una temperatura de 190 °C se debe a la perdida de birrefringencia y la disponibilidad de almidón que ocurren sobre un relativo corto rango de temperaturas (Sullivan and Johnson, 1962).

#### **Índice de expansión del grano de cañihua tostada**

El índice de expansión en el proceso de tostado se muestra en la Tabla 3 donde al igual que el grado de gelatinización, el índice de expansión incrementa al ser sometida a un cambio de temperatura de 130 a 160 °C, comportamiento que cambia ante el incremento de temperatura a 190 °C, donde el índice de expansión disminuye alcanzando un índice de expansión de 4.68 en la variedad Illpa INIA 406 y 3.39 en la variedad cupi, existiendo una similitud con el grado de gelatinización, que se da por que cuando se expone al calor los gránulos de almidón experimenta una expansión, destrucción de la estructura cristalina interna, esta transformación termina en la gelatinización del almidón (Holm et al., 1988). A medida que se incrementa la temperatura, la viscosidad aumenta debido a la gelatinización del almidón, por cuya razón, si el almidón se calienta a mas de 160 °C se transforma en almidón soluble y a mas de 200 °C se convierte en dextrina, este almidón, se retrograda y son higroscópicos (Cisneros, 2002).

#### **Índice de absorción de agua del grano de cañihua tostada**

Se puede observar en la Tabla 3 los diferentes valores de índice de absorción obtenidos en el tostado, los cuales coinciden tanto con los del grado de gelatinización así como del índice de expansión, presentando un incremento al ser

sometidas ante el incremento de temperatura de 130 °C a 160 °C y posteriormente disminuyendo su valor al ser incrementada la temperatura de tostado a 190 °C, este comportamiento se presenta tanto en la variedad Illpa INIA 406 y cupi. El comportamiento es similar al índice de expansión y grado de gelatinización esto debido a que el índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento son usados como indicadores de la retención del agua, también es una medida indirecta del grado de almidón gelatinizado por la cocción (Bressani y Estrada, 1994, citado por Hevia et al., 2002).

#### **Composición proximal de la cañihua tostada**

La composición proximal de la cañihua tostada a diferentes temperaturas se muestra en la Tabla 4 donde se puede observar que la humedad inicial sufre una disminución en ambas variedades a medida que la temperatura de tostado aumenta, siendo influenciada por la variedad y la temperatura. La ceniza existente en la cañihua experimenta un incremento que se debe probablemente a que ante un incremento de temperaturas, la superficie externa de la cañihua es chamuscada ligeramente. El contenido de grasa disminuye levemente con respecto al contenido inicial en la variedad cupi, la variedad Illpa INIA 406 presenta una leve disminución a una temperatura de 130 °C esto debido a una posible hidrólisis de las grasas pudiendo saponificarse. La proteína de la cañihua en ambas variedades sufre un descenso a medida que aumenta la temperatura de tostado, esto se debe posiblemente a que en el proceso de tostado puede ocurrir disminución de la cantidad en las proteínas por causa de la reacción de Maillard en presencia de carbohidratos reductores (Alcazar, 2002). El porcentaje de fibra cruda en la variedad cupi no presentó diferencias significativas en su contenido mientras que en la variedad Illpa INIA 406 hay una ligera variación mostrando así que la variedad influye en el contenido de fibra existente en la cañihua. El contenido de carbohidratos se realizó por diferencia incrementando su contenido a medida que la temperatura aumentó.

#### **Comparación entre la cañihua expandida y tostada**

Al hacer una comparación entre los dos procesos se observa que el proceso de expandido por explosión genera un mayor contenido de polifenoles totales en comparación al tostado, el expandido por explosión genera una mayor

capacidad antioxidante en el grano de cañihua, ambos procesos afectan de manera similar al contenido de fitatos no existiendo diferencias significativas, el grado de gelatinización de la cañihua expandida a diferentes presiones es ligeramente mayor al grado de gelatinización del tostado en ambas variedades, el tipo proceso no influye significativamente en el índice de absorción de agua y que el comportamiento de las variedades en el índice de expansión es distinto al ser sometida a un proceso de transformación diferente.

## CONCLUSIONES

El proceso de expansión por explosión a diferentes presiones (120, 140 y 160 Lbf.pulg.<sup>2</sup>) en las variedades Illpa INIA 406 y cupi produce un efecto positivo en las características funcionales y fisicoquímicas de la cañihua a medida del incremento de las presiones. El proceso de tostado a diferentes temperaturas (130, 160 y 190 °C) incrementa la propiedades funcionales conforme aumenta la temperatura pero las mejores condiciones fisicoquímicas se presentan a una presión de 160 °C en ambas variedades. El proceso de expandido por explosión proporciona mejores propiedades funcionales, pero provee características fisicoquímicas similares al tostado.

## AGRADECIMIENTO

Al proyecto “Fortalecimiento de las oportunidades de ingreso y la seguridad nutricional de los pobres rurales, a través del uso y mercadeo de especies olvidadas y subutilizadas”. NUS-IFAD II, que por intermedio del CIRNMA-CICADER-UNAP financiaron íntegramente el presente trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar C. 2002. Caracterización Fisicoquímica de fibra y Mezclas de fibra dietaria obtenidas a partir de residuos de Naranja (*Citrus sinensis*), Salvado de cebada (*Hordeum vulgare*) y Cáscara de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.
- Alcazar del Castillo j. 2002 Diccionario técnico de industrias alimentarias. Segunda edición Editorial Cibercopy. Lima Perú.
- Aoac, Official Methods of Analysis, 1990. Association of Official Analytical Chemists International. Vols. 1 and 2. W. Horwits (Ed.). AOAC International, Washington, D.C
- Arena E., Fallico B., and Maccarone E. 2001 Evaluation of antioxidant capacity of blood oranges juices as influenced by constituents, concentration process and storage. *Food Chem.* 74: 423- 427.
- Bejar R. y Bustinza R., 2004 Diseño y Construcción de un Equipo para el Tostado de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con Sistema de Vanteado y Clasificado. Tesis de pre grado para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, UNA-Puno.
- Brand – Williams W., Cuvelier E., and Berset C. 1995 Use of a free radical method to evaluate Antioxidant Activity Lebensm. Wiss. U. Technol. 28: 25-30.
- Chinma C. and Igyor M. 2008 Starch Gelatinization, Total Bacterial Counts and Sensory Evaluation of Deep Fried Cassava Balls (Akara-Akpu). *Am. J. Food Technol.* 3 (4): 257-263.
- Cisneros F. 2002 Una teoría generalizada que relaciona el atrapamiento de burbujas de aire con la longitud de de barril lleno durante la extrusión de almidón. Tesis para optar el Título de Ingeniero en industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú
- Ejiqui J., Savoie L., Marin J., Desrosiers T. 2005 Influence of Traditional Processing Methods on the Nutritional Composition and Antinutritional Factors of Red Peanut (*Arachis hipogaea*) and Small Red Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Biological Sciences* 5(5): 597-605. .
- Guada J. 1993 Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, España.
- Hevia F., Berti M., Wilckens R. y Yévenes C. 2002 Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*amaranthus* spp.) cultivado en chillan, Chile. Universidad de Concepción Chile. *Rev. Agro sur sur* v.30 n.1
- Holm J., Lundquist I., Björck I., Eliasson A., Asp N. 1988 Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats. *American Society for Clinical Nutrition* 47: 1010-1016. USA.

- Kaur C., Kapoor H. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium’s health. *International Journal of Food Science and Technology* 36, 703–725.
- Kokini J., Chi-Tang H., Mukund Y., Karwe., 1992 *Food Extrusion Science and Technology*. Marcel Dekker Inc New York.
- Luna Mercado G. 2005. Efecto del proceso de cocción extrusión en la fracción indigestible, capacidad antioxidante, polifenoles totales, fitatos y algunas propiedades funcionales en 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis para optar el Título de Magíster Scientae Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú
- Montreal S., Fernández J., Fernández J., Sayas M. y Perz J. 2002. Aspectos Fisiológicos y nutritivos de los alimentos funcionales. *Alimentación equipos y tecnología* 21 (165) : 132- 138.
- Pas’Ko P., Barton H., ZagrodzkP., Gorinstein S., Fołta M., Zachwieja Z. 2009 Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry* 115 : 994–998..
- Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M. 2001 *Antioxidants in Food: Practical Applications*; CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Repo-Carrasco Ritva 1992 *Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil*. Ed. Didi Arteta S.A. Lima Perú
- Repo-Carrasco R., Acevedo A., Icochea J. y Kallio H. 2009 Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. *Plant Foods Human Nutrition*. 64:94–101
- Saura-Calixto F. and Bravo L. 2002 Dietary Fiber – Associated compounds: Chemistry, Analysis and Nutritional Effects of Polyphenols. *Hand Book of Fiber Dietary* 415-430.
- Schmidt-Hebbel, H. 1986. “Tóxicos químicos en alimentos. Avances en su identificación, previsión y desintoxicación”. Editado por Fundación Chile.
- Sucari Jaen, M., 2003 “Determinación de Humedad y Presión en el proceso de Expansión por Explosión para dos Variedades de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)” Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. UNA- Puno.
- Sullivan J. and Johnson J. 1962 Measurement of starch gelatinization by enzyme susceptibility. *Sci. Food* 393 :73-79
- Vásquez F., 2006 Digestibilidad in vitro de proteína y compuestos bioactivos en accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L., 1753) Tostada. Tesis para optar el Título de Magíster Scientae Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú
- Wangcharoen W. and Morasuk W. 2009 Effect of heat treatment on the antioxidant capacity of garlic. *Maejo Int. J. Sci. Technol.* 3(01): 60-70
- Zavaleta J., Muñoz A., Blanco T., Alvarado-Ortiz C., Loja B., 2005 Capacidad Antioxidante de algunos alimentos. *Horizonte Medico USM*.

## Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts *et al.*, (1957) usando la estrategia Ward-MLM

*Genetic Diversity of Colombian Landraces of Maize from Roberts et al., (1957) data using Ward-MLM Strategy*

José O. Cardona <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Programa Doctorado en Ciencias Agropecuarias énfasis Mejoramiento Genético y Producción de semillas, omcardona2002@yahoo.com

---

### Resumen

El presente estudio muestra un análisis exploratorio de la diversidad genética de las razas colombianas de maíz, a partir de datos contenidos en el documento 'RAZAS DE MAÍZ EN COLOMBIA' usando la estrategia Ward-MLM. Esta estrategia permitió revalidar los tres grupos raciales establecidos por los autores y propone un nuevo agrupamiento, en el que se muestra un incremento importante en el número de razas 'Primitivas' (de dos a cinco) y reducción en el número de razas 'Híbridas colombianas' (de doce a nueve). El número de razas 'Probablemente Introducidas' se mantiene, mostrando cinco variaciones importantes. La estrategia Ward-MLM es un aporte metodológico que permitió revalidar datos históricos y redefinir los grupos raciales y su eficiencia está documentada ampliamente en valoración de recursos genéticos y más recientemente clasificando agricultores por variables socioeconómicas. Marcadores genéticos moleculares y programas de análisis genético de poblaciones, son requeridos como soporte para redefinir la información generada por este documento respecto a número de razas y grupos raciales contenidos en el Banco colombiano de maíz.

**Palabras clave:** Razas colombianas de maíz, Diversidad genética, Datos Roberts *et al.*, Descriptores para maíz, Estrategia Ward-MLM.

### Abstract

Current study shows an exploratory analysis of genetic diversity in Colombian landraces of maize from data contained in 'RAZAS DE MAIZ EN COLOMBIA' report using Ward-MLM strategy. This strategy allowed to renew the three racial groups (primitives, hybrids, introduced) established by Roberts *et al* in 1957, and proposes new groups with important increase in number of primitive races (two to five), reduction in number of Hybrid races (Twelve to nine). Races 'probably introduced' are showing five important variations. Ward-MLM strategy is a methodological contribution that allowed to renew historical data and to redefine the racial groups and their efficiency is documented widely in valuation of genetic resources and more recently classifying small-scale farmers by socioeconomic variables. Molecular markers and Population Genetics program are required like support the information generated by this document both number of races and contained racial groups in the Colombian Maize Bank

**Keywords:** Colombian landraces of maize, Genetic diversity, Data Roberts *et al.*, Maize Descriptors, Ward-MLM Strategy

## INTRODUCCIÓN

DIVERSIDAD GENÉTICA es la multiplicidad de frecuencias alélicas presentes en un grupo de individuos, que junto con el ambiente proveen la naturaleza del fenotipo y es base fundamental en programas de mejoramiento. Explorar la diversidad genética de especies cultivadas de importancia económica es tarea fundamental en todo programa de investigación agrícola.

Las regiones tropicales son únicas en diversidad de formas complejas en áreas relativamente pequeñas y contiguas, esto hace que exista mayor segregación, expresión genética, adaptaciones específicas, alta variabilidad y rapidez en el hallazgo de formas nuevas. La gran diversidad de los maíces exóticos en Suramérica guarda relación con su geografía e historia. El aislamiento geográfico permitió el desarrollo de nuevas formas principalmente en las tierras altas (Roberts et al., 1957; Timothy et al., 1966; Sevilla, 1985). No obstante, la erosión genética está empezando a sentirse (Sevilla, 1985; Salhuana et al., 1991).

Datos de curadores de países latinoamericanos (CIMMYT, 1989. *Proceedings of the Global Maize Germoplasm Workshop*) reportan 27.763 accesiones de maíz, de las cuales alrededor de 16.380 están en Meso-América y entre 11.383 y 12.113 (Díaz, 1988) en Suramérica (Taba, Julio-Noviembre de 2002). El SNB de ICA-MAGDR de Colombia reporta, a Junio de 2004, dos mil doscientas accesiones de razas colombianas de maíz.

La diversidad genética (polimorfismos) contenida en el germoplasma de maíces exóticos ha sido fuente importante nuevos alelos para mejoradores de maíz en todo el mundo (Anderson & Cutler, 1942; Wellhausen et al., 1957; Goodman, 1965-1985-1992; Goodman & Bird, 1977; Brown & Goodman, 1977; Sevilla, 1985; Salhuana, 1985; Albertch and Dudley, 1987; Goodman and Brown, 1988). El uso de una fracción de este germoplasma en el programa norteamericano de mejoramiento de maíz, fue sugerido inicialmente por Anderson & Cutler en 1942 y desarrollados por Brown (1953), Wellhausen (1965), Echandi and Hallauer (1966), Hallauer (1972-1978) Hallauer and Sears (1972), Geadelman (1984), Holland and Goodman (1995), Echandi and Hallauer (1996) para incrementar la variabilidad genética y las posibilidades de heterosis en el germoplasma de zonas templadas y como posible fuente de resistencia y/o tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico.

Estudios sobre razas suramericanas de maíz han sido realizados por Paterniani and Goodman (1977), Paterniani (1985), Salhuana et al. (1991-95), Miranda-Filho (1992), Díaz (1988, 1989a-b-c). Documentos sobre GRMC son reportados por Roberts et al., (1957), LAMP (1986-1995), Torregroza (1972), Ligarreto (1998) y Arias y Castro (2000).

Evaluaciones sobre el germoplasma nativo de maíces suramericanos fueron realizadas el proyecto LAMP en el periodo 1985-1992 y el proyecto USDA-ARS/GEM a partir de 1998 hasta 2005 con el estudio de germoplasma nativo de maíz de todas partes del mundo, identificando caracteres y genes especiales para mejorar los sistemas de producción y hallar nuevos valores agregados para la industria (USDA-ARS GEM Project, 2001-2005). Este tipo de investigación ayudará a los mejoradores a agregar diversidad a los híbridos norteamericanos y es considerada como un seguro contra los factores de estrés biótico y abiótico, debido a que el cultivo del maíz en USA tiene un costo anual de 28 billones de dólares (USDA-ARS GEM, Project, 2001-2005).

CIMMYT (1999) realizó un análisis de la diversidad genética contenida en aproximadamente 1746 accesiones colombianas de 12.046 accesiones de maíces latinoamericanos, con base en evaluaciones de campo. La información contiene relevantes datos estimados para una colección núcleo de accesiones -20%- de la colecta con representación gráfica (cluster) de los agrupamientos. Ver A-Core Subset of LAMP-From the Latinoamerican Maize Project 1986-1988. La versión de junio de 1995 de datos del Proyecto Latinoamericano de Maíz muestra datos generados por CIMMYT para Suramérica sobre las secciones de maíz evaluados por el proyecto LAMP. Ver datos LAMP- Versión Junio de 1995. El PNRGBV de CORPOICA tiene publicados algunos datos de curador de cada una de las accesiones que compone el banco de germoplasma de razas colombianas de maíz en [www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co).

El uso potencial de las razas colombianas de maíz fue reconocido hace más de 50 años. Los primeros análisis exploratorios fueron realizados por E. Chavarriaga-M y E.W. Lindstrom en 1947 y en 1952 por el grupo de trabajo conformado por L.M. Roberts, U.J. Grant, R. Ramírez-E, W.H. Hartherway y D.L. Smith con la colaboración de P.C. Mangelsdorf, quienes documentaron la diversidad genética contenida al interior de los GRMC y su uso potencial en programas mundiales



de mejoramiento. Estos estudios fueron continuados, en 1962 por el ICA en su programa “Estudio y Conservación del Banco de Germoplasma Nacional de Maíz como fuente de nuevos genes” (Arboleda, 1986) y más recientemente el SNB del PNRGBV de CORPOICA, C.I. Tibaitatá.

Veinte y tres razas de maíces colombianos, agrupadas, en tres categorías en relación con su origen probable, fueron reconocida por Robert et al., en 1957. Estas son: ‘Razas Primitivas’ (con dos grupos raciales), ‘Razas probablemente Introducidas’ (que incluye nueve grupos raciales) y ‘Razas Híbridas originadas en Colombia’ (con doce grupos raciales). Estos autores identificaron además, cuatro factores de evolución que contribuyeron a la formación de dichas razas en Colombia: (i) aislamiento geográfico, (ii) hibridación interracial, (iii) hibridación con maíces contaminados con Teocintle procedentes de México e (iv) hibridación del maíz con su pariente silvestre *Tripsacum*. Colombia como centro de convergencia y de difusión ha sido un importante centro de origen de variedades nuevas. Los criterios de clasificación usados por este grupo de investigación fueron: distribución geográfica, caracteres botánicos, caracteres fisiológicos y citológicos -nudos cromosómicos (McClintock et al., 1981)-.

Las 23 razas incluidas en este estudio, forman parte de la colección colombiana de maíz, de aproximadamente 4800 entradas (SNB-CORPOICA), que por su tamaño ocupa la posición quinta después de Fort Collins, México, Brasil y Argentina (CIMMYT INT Annual Report, 2002).

El banco colombiano de razas criollas posee genotipos con adaptación a todos los pisos térmicos y que por años fueron cultivados y seleccionados por nuestros antepasados campesinos. La colección está conformada con base en colectas hechas en la década del 50 y 60. La información genética de estas accesiones, de las cuales queremos potencializar su uso, es escasa o completamente desconocida en nuestro país, con excepción de algunos datos de pasaporte y unas evaluaciones agronómicas muy preliminares.

Una revaluación sistemática de todo el GRMC por caracteres morfoagronómicos aun no se ha hecho, debido probablemente a que estas son costosas en tiempo y uso de recursos, además de que su conocimiento en nuestro medio, es escaso (Salhuana y Sevilla, 1985).

Con el incremento de 1007 (en 1957) a 2200 (en el 2005) accesiones contenidas en el SNB, se plantea aquí la hipótesis de que es posible que el número actual de razas y grupos raciales sea diferente a los inicialmente identificadas en 1957. El paso inicial para resolver esta incógnita es reevaluar la metodología analítica usada por Robert et al., en 1957 para definir razas y grupos raciales, bajo el supuesto de que, metodologías analíticas modernas y mas sofisticadas, permiten reevaluar dicha información e inferir sobre los resultados obtenidos.

Con base en este planteamiento se propone como principal objetivo, redefinir las razas y grupos raciales a partir de cuatro fuentes de información incluyendo los datos generados por Robert et al., (1957) mediante el uso de la estrategia Ward-MLM.SAS (Franco et al., 1998; 1999; Franco et al., 2002; Franco and Crossa, 2002). Este objetivo genera como objetivos específicos: (i) determinar el número de grupos raciales, (ii) establecer el número total de razas, (iii) Identificar cada una de las razas contenidas en cada grupo racial, (iv) determinar el número de variables de respuesta efectivas, (v) Evaluar la eficiencia de la estrategia Ward-MLM.SAS.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Datos Roberts et al., (1957). Sobre la matriz de datos cuantitativos  $n=21$  razas  $\times$   $p=56$  descriptores reportados por Roberts et al., (1957), se realizó un análisis de Componentes Principales –CP- para identificar el número mínimo de descriptores efectivos. La ventana LOG del programa PRINCOMP.SASV8e, no mostró restricción al uso de una matriz  $n < p$ .

La matriz resultante  $n=21$  razas-NOBS  $\times$  los  $p$  componentes principales seleccionados, debe ser guardada en la librería ‘C:\ SASMLM’. Instrucciones en el Anexo 3. Componentes principales, de variables cualitativas y cuantitativas, calculados mediante los programas PRINQUAL.SAS y PRINCOMP.SAS permite seleccionar variables efectivas con valores propios mayores a 1, para ser usados con la estrategia Ward-MLM.SAS y conformar los agrupamientos.

La matriz de datos reportados por Robert et al., (1957) debe ser digitada en formato Excel en un computador Pentium 4 o superior, cargado con los programas Excel y SASV8e (2001). Ingrese el programa WARD-MLM1-2-3.SAS’ utilizando la ‘guía para la utilización del programa’ desarrollado por Franco y Crossa (s.f.). El

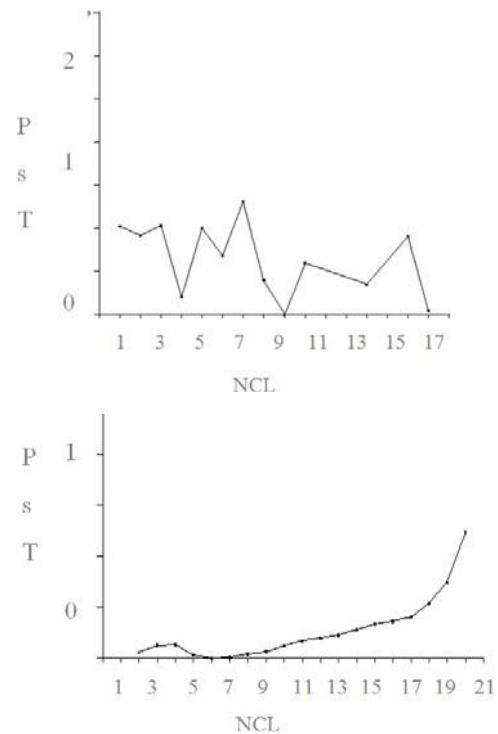
programa está dividido en tres bloques sugeridos por la clasificación (Franco et al., 1998) para el agrupamiento de observaciones utilizando variables continuas y categóricas. El uso de la estrategia Ward-MLM se define en los siete pasos descritos en el Anexo 3.

La metodología Ward-MLM.SAS usa una serie de herramientas estadísticas que incluyen el software CLUSTAN desarrollado por Wishart (1987) combinado con LRT (Likelihood Ratio Test) y LLP (Log-Likelihood Profile) (Franco et al., 2002). MLM es la segunda modificación hecha por Lawrence and Krzanovski en 1996 y posteriormente por Franco et al., en 2002, al modelo Gaussiano que combina los niveles de todas las variables categóricas en una variable multinomial única W (Franco y Crossa, 2002). Los resultados de la clasificación propuesta por Franco et al., (2002) serán comparados con los agrupamientos propuestos por Roberts et al., (1957).

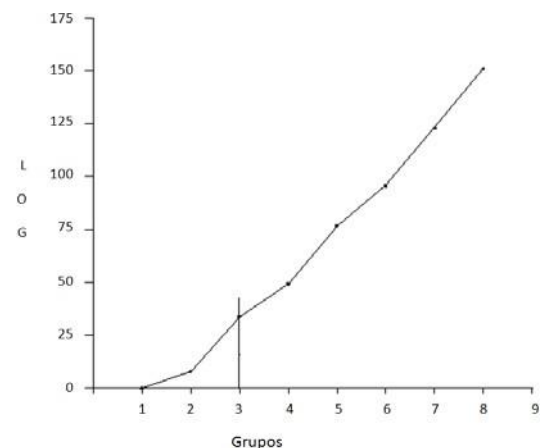
## RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis comparativo de fuentes de información: Datos Roberts et al.,-1957- 'RAZAS COLOMBIANAS DE MAÍZ' editado por el D.I.A. en 1957 es el único documento, hasta la fecha, que reporta una identificación y clasificación de maíces criollos colombianos. Los autores -Roberts et al., (1957)- documentan la presencia en Colombia de veinte y tres razas, reagrupadas en tres categorías. Aunque se desconoce la metodología analítica utilizada por los autores, un análisis comparativo muestra que es muy probable que hayan hecho uso de las herramientas de estadística multivariada, desarrollada por K. Pearson en 1901 y posteriormente por Spearman (1904), Hotelling (1933) y Eckart and Young (1936).

A la fecha de edición del documento, -RAZAS DE MAÍZ EN COLOMBIA en 1957,- ya se conocían: (i) modelos analíticos para obtener componentes principales de variables cuantitativas (Pearson, 1901; Hotelling, 1933) y cualitativas (Eckart and Young, 1936; Fisher, 1938; Siegel, 1956), (ii) modelos analíticos para realizar agrupamientos (Spearman, 1904; Fisher, 1936; Sorensen, 1948; Rao, 1955), (iii) modelos para análisis de correspondencia (Hirshfield, 1935; Fisher, 1940; Guttman, 1941; Hayashi, 1950), (iv) modelos para análisis discriminante (Rosenbatt, 1956) y (v) modelos para análisis de frecuencias (Cochran, 1954; Goodman and Krustal, 1954).



**Fig. 1.** Valores de Pseudo F y Pseudo  $T^2$  para estimación preliminar del número aproximado de grupos ( $g^*$ ) con base en valores promedio de datos compilados por Roberts et al., (1957).



**Fig. 2.** Logaritmo de la función de verosimilitud maximizada para definir el número apropiado de razas con base en valores promedio de datos Roberts et al., (1957), usando la estrategia WARD-MLM (Franco et al., 1998-1999-2002; Franco and Crossa, 2002).

El análisis de componentes principales-, PRINCOMPSASV8e, 2001-(Cuadras, 1996; Díaz, s.f.) muestra que, veinte componentes –de un total de 56 evaluados- explican el 100% de la varianza contenida en la matriz de datos reportados por Roberts et al., (1957). De estos veinte-componentes principales-, doce alcanzan el valor de vector propio mayores a 1. Estos doce –primeros componentes-, fueron procesados mediante la estrategia Ward-MLM.SAS (Franco et al., en 1998-1999-2002; Franco and Crossa, 2002) para determinar el número más probable de grupos raciales (Figura 1) contenidos en la matriz de datos reportados por Roberts et al., (1957). Datos disponibles en el Anexo 1. El programa Ward-MLM1.SAS utilizando valores promedio de la matriz de datos contenidos en Robert et al., (1957), confirma la presencia de máximo ocho grupos raciales (Franco y Crossa, guía metodológica, s.f.).

El bloque Ward-MLM2.SAS, definió el número apropiado de razas ( $g=3+5$ ) mediante la observación de los saltos de verosimilitud para los diferentes número de grupos. El número más

pequeño de grupos en el cual ocurre el primer salto importante en verosimilitud fue, tres (Fig. 2), con base en valores promedio por cada raza. Ward-MLM2.SAS permitió revalidar los tres grupos raciales establecidos por los autores.

El bloque Ward-MLM3.SAS realizó el análisis MLM completo para el número de grupos ( $g'$ ) definido en el bloque 2. El anexo 2 muestra la clasificación inicial y final de las observaciones (Franco y Crossa, guía metodológica, s.f.). Los resultados sugieren un cambio importante en la distribución de las razas dentro de cada uno de los grupos raciales como se muestra en la tabla 1.

Con cincuenta y seis características establecidas por Roberts et al., (1957) contenidas en el anexo 1, los autores definieron: dos razas primitivas –Pira, Pollo-, siete razas probablemente introducidas –Pira Naranja, Clavo, Guirúa, Cariaco, Andaquí, Imbricado y Sabanero- y doce razas híbridas colombianas –Cabuya, Montaña, Capiro, Amagaceño, Común, Yucatán, Cacao, Costeño, Negrito, Puya, Puya Grande y Chococéño-.

La estrategia Ward-MLM.SAS propone un nuevo agrupamiento en el que sobresale un

colombianas', de doce descende a nueve. El número de razas 'Probablemente Introducidas' se mantiene, sufriendo cinco variaciones importantes como se observa en la Tabla 1. Fue el grupo racial con mayor número de variaciones. Esta variación grande puede explicar el término 'probable' usado por los autores.

Las variaciones en el número de razas por grupo racial son debidas, básicamente, a la metodología analítica –distinta- usada por cada autor. Programas y equipos de última generación permiten un tratamiento más exhaustivo de datos. No obstante, la metodología usada para definir las razas criollas de maíces colombianos en la década del 50, fue muy precisa, comparada con los resultados obtenidos usando la estrategia Ward-MLM desarrollada a finales del siglo XX.

**Tabla 1.** Agrupamientos propuestos por Roberts et al., (1957) y los determinados mediante la estrategia Ward-MLM (Franco et al., 1998-1999-2002; Franco and Crossa, 2002) sobre la (misma) base de datos de 'RAZAS DE MAÍZ EN COLOMBIA'.

		Ward-MLM	
Grupo Racial		Roberts et al.(1957)	(Franco et al., 2002)
	Raza	Raza	Raza
Primitivas	Pollo	Pollo	Pollo
	Pira	Pira	Pira
			Pira Naranja
			Clavo
Introducidos			Imbricado
	Guirúa	Guirúa	Guirúa
	Andaquí	Andaquí	Andaquí
	Pira Naranja		Amagaceño
	Cariaco		Común
	Clavo		Yucatan
	Imbricado		Cacao
	Sabanero		Puya Grande
Híbridos	Montaña	Montaña	Montaña
	Cabuya	Cabuya	Cabuya
	Capiro	Capiro	Capiro
	Costeño	Costeño	Costeño
	Negrito	Negrito	Negrito
	Puya	Puya	Puya
	Chococéño	Chococéño	Chococéño
	Amagaceño	Cariaco	Cariaco
	Común	Sabanero	Sabanero
	Yucatán		
	Puya Grande		
			Cacao

incremento importante en el número de razas 'Primitivas', de dos asciende a cinco, y la reducción en el número de razas 'Híbridas

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio confirman la presencia de los tres grupos raciales de maíces colombianos, definidos por el grupo de trabajo conformado por L. M. Roberts, U. J. Grant, R. Ramírez-E, W. H. Hatherway y D. L. Smith en la década del 50. La variación en el número de accesiones y la conformación final de cada grupo racial pueden ser debidas a las interacciones de tipo ambiental y Epistático (Tanksley, 1983) que modifican marcadores genéticos morfológicos cualitativos y cuantitativos durante la valoración de diferentes genotipos. De hecho, cada caracterización que se haga a un individuo o grupo de individuos, genera información distinta sobre un mismo carácter (Crossa, 1995).

Por su calidad, los datos de Roberts *et al.*, (1957) son fuente única de información sobre la clasificación de razas y grupos raciales de maíces colombianos. La concordancia entre los agrupamientos hechos por Roberts *et al.* y los resultados arrojados por la estrategia Ward-MLM.SAS (Franco *et al.*, 1998-1999-2002; Franco and Crossa, 2002), permite concluir que el grupo de trabajo que identificó las razas colombianas de maíz, hicieron uso de herramientas estadísticas multivariadas disponibles en su época.

El uso de herramientas de análisis distintas, sobre un mismo grupo de datos, genera resultados distintos; y es muy probable que nuevas estrategias a ser desarrolladas a futuro inmediato puedan redistribuir las asignaciones obtenidas con la estrategia Ward-MLM.SAS.

Los marcadores genéticos moleculares (Tanksley, 1983) y programas de análisis como SAS/GENETICS 9.1, se ofrecen como alternativa para dar soporte y redefinir tanto los datos originales como los generados en este documento.

La estrategia Ward-MLM.SAS fue probada usando: (i) la matriz de datos  $n=21$  razas  $\times$   $p=20$  CP que explicaron el 100% de la variación contenida en la matriz de datos originales y (ii) una segunda matriz  $n=21$  razas  $\times$   $p=12$  CP con vectores propios mayores a 1. Los agrupamientos fueron idénticos, explicando la eficiencia de los CP y de estrategia Ward-MLM.SAS. Ver Anexo 4. Además, la eficiencia de la estrategia WARD-MLM.SAS está documentada ampliamente en valoración de recursos genéticos hechas por Franco *et al.*, (1998), Taba *et al.* (1998, 1999), Franco *et al.*, (1999), Franco *et al.*, (2002) y mas

recientemente clasificando agricultores por variables socioeconómicas (Crossa *et al.*, s.f.).

La complementación del análisis mediante el uso de PRINQUAL-SASV8e (2001) y PRINCOMP-SASV8e (2001) permitió identificar variables de respuesta efectivas e hizo más eficiente el uso de la estrategia Ward-MLM.SAS y surge como una modificación al modelo analítico planteado. La reducción del tamaño original de la matriz reportada por los clasificadores de las razas colombianas de maíz en la década del 50 usando CP, potencializó el uso de la estrategia Ward-MLM.SAS.

PRINCOMP.SASV8e (2001) no restringe el uso de matrices  $n \ll p$  ni de variables cualitativas (binomiales y nominales) siempre que estas últimas sean numéricas. No obstante, toda variable categórica reportada por el LOG, deben ser excluidas del análisis (SAS, 1989a-b).

Este documento plantea el uso de un análisis de CP previo a la utilización de la estrategia Ward-MLM.SAS.

## BIBLIOGRAFIA

### Literatura revisada

- Albertcht, B. and Dudley, J.W. (1987). Evaluation of four maize populations containing different populations of exotic germplasm. *Crop Sci.* 27:480-486.
- Anderson, E & Cutler, H.C. (1942). Races of Zea mays: I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 29:69-89.
- Arboleda-R, F. (1986). Informe de gerencia 1986. ICA. Programa Nacional de maíz, CRI La Selva. Rionegro-Antioquia (Colombia). 10 pp.
- Arias-C., Y., D.I. Castro. 2000. Caracterización morfológica de la colección de maíz (*Zea mays* L.) criollo de la región Caribe Colombiana. Tesis Ing. Agr. Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería Agronómica. Montería. 105 pp.
- Brown, W.L. (1953). Source of germplasm for hybrid corn. In: CORN INDUSTRY-RESEARCH CONFERENCE, 8. Chicago, 1953. Proceedings Washington: American Seed Trade Ass, 1953. p. 11-19.
- Brown, W.L. and Goodman, M.M. (1977). Races of Maize. In: Corn and Improvement (Sprague G.F. and Dudley, J.W. eds.) ASA, Madison, pp 40-88.
- Crossa, J., M.R. Bellon, J. Franco. (s.f.). A Quantitative Method for Classifying Farmers Using Socioeconomic Variables.....

- Crossa, J., K. Basford, S. Taba, I. DeLacay, and E. Silva. (1995). Three mode analyses of maize using morphological and agronomic attributes measured in multilocation trials. *Crop Sci.* 35:1483–1491.
- Cuadras, C.M. (1996). *Métodos de análisis Multivariado*. 1ª Edición EUB, SL. Limpergraf, S.A. Barcelona. 644 pp.
- Díaz-M, L.G. (s.f.). *Estadística Multivariada: inferencia y métodos*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas y Estadística.
- Díaz-A, C., M.E. Botero-E., Arboleda-R, F. (1988). Banco de germoplasma de maíz de Colombia. *En: Taller Mundial sobre Bancos de Germoplasma de Maíz*. México, Marzo de 1988. 28 pp.
- Díaz-A. C. 1989a. Actividades del programa de maíz durante 1989. ICA Subgerencia de investigaciones y transferencia, división de cultivos anuales, Programa Nacional de Maíz. Regional 4, E.E. 'Tulio Ospina', Medellín. 54 pp.
- Díaz-A.C. 1989b. Actividades del programa de maíz en la E.E. ICA.
- Díaz-A.C. 1989c. Programa de Maíz Estación Experimental Tulio Ospina. Informe 1989. Actividades del Programa Nacional de Maíz durante 1989. ICA. Regional 4, E.E. Tulio Ospina, Medellín. 27 pp.
- Echandi, C.R., and A.R. Hallauer. (1995). Performance of crosses between US maize belt and adapted tropical maize cultivars (Abstract) p.93. *In: Agronomy Abstracts*. ASA, Madison, W.I.
- Echandi, C.R., and Hallauer, A.R. (1996). Evaluation of US corn belt and adapted tropical maize cultivars and diallel crosses. *Maydica* 41:317-324.
- Franco, J., J. Crossa, J. Villaseñor, S. Taba, and S.A. Eberhart. (1998). Classifying genetic resources by categorical and continuous variables. *Crop Sci.* 38(6):1688–1696.
- Franco, J., J. Crossa, J. Villaseñor, S. Taba, and S.A. Eberhart. (1999). A two-stage, three-way method for classifying genetic resources in multiple environments. *Crop Sci.* 39:259–267.
- Franco, J. D., J Crossa-H. (s.f.). *UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA WARD-MLM*. Guía para utilización de la estrategia WARD-MLM para el agrupamiento de observaciones utilizando variables continuas y categóricas simultáneamente. 4 pp.
- Franco, J., J. Crossa. (2002). The Modified Location Model for Classifying Genetics Resources: I. Association between Categorical and Continuous Variables. *Crop Sci.* 42: 1719-1726.
- Franco, J., J. Crossa, S. Taba, S.A. Eberhart. (2002). The Modified Location Model for Classifying Genetics Resources: II. Unrestricted Variance- Covariance Matrices. *Crop Sci.* 42: 1727-1736.
- Geadelman, J.L. (1984). Using Exotic Germoplasm to improve northern corn. *In Proceeding of the 39<sup>th</sup> Annual Corn and Sorghum Industry Research. Conf.* Chicago, IL. 5-6 Dec. 1984. Am. Seed Trade Assoc., Washington, D.C.
- Goodman, M.M. (1965). Estimates of genetic variance in adapted and exotic population of maize. *Crop Sci.* 5:87-90.
- Goodman, M.M. (1985). Exotic Maize Germoplasm: Status, prospects, and remedies. *Iowa State J. Res.* 59:497-527.
- Goodman, M.M., & Brown W.L. (1988). Races of corn. *In: G.F. Sprage & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement*, 3<sup>rd</sup>ed., p.33-79. Madison, W.I, USA, American Society of Agronomy.
- Goodman, M.M., & Bird, R. McK. (1977). The races of maize. IV Tentative grouping of 219 Latin American races. *Eco. Bot.* 31:204-221.
- Goodman (1983),
- Gower, J.C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27:857–874.
- Hallauer, A.R. (1978). Potential of exotic germplasm for maize improvement. *In: Maize Breeding and Genetics* (Walden, D.B., ed). John Wiley & Sons, N.Y., pp 229-247.
- Hallauer, A.R., and Sears, J.H. (1972). Integrating exotic germplasm into Corn Belt maize breeding program. *Crop Sci.* 12:203-206.
- Holland, J.B., and Goodman, M.M. (1995). Combining Ability of Tropical Maize accessions with U.S. Germoplasm. *Crop Sci.* 35: 767-773.
- LAMP. (1986). A-Core Subset of LAMP- From the Latinoamerican Maize Project 1986-1988. CIMMYT, Mexico DF.
- LAMP. (1995). Proyecto Latinoamericano de Maíz. Versión Junio de 1995. CIMMYT, Mexico, DF:
- Ligarreto, G. A. Ballén, D. Huertas. (1998). Evaluación de las características cuantitativas de 25 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) de la zona Andina. *Rev. Corpoica*. Vol. 2. No. 2 de Junio de 1998.
- McClintock, B., Kato-Y, T.A. & Blumenshein, A. (1981). Chromosome constitution of races of Maize. Chapingo, Mexico, Colegio de Posgraduados.
- Miranda-Filho, J.B., (1992). Exotic germplasm introduced in a Brazilian maize breeding program. *Rev. Braz. Genet.* 15:631-642.
- Paterniani, E. and Goodman, M.M. (1977). Races of Maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT, Mexico City.
- Pollak, L.M. & Corbett, J.D. (1993). Using GIS data sets to classify maize-growing regions in México and Central America. *Agron. J.*, 85:1133-1139.

- Roberts L.M., U.J. Grant, R. Ramírez-E, W.H. Hatherway, D.L. Smith. (1957). RAZAS DE MAIZ EN COLOMBIA. D.I.A. Ministerio de Agricultura de Colombia. Oficina de Investigaciones Especiales. Boletín Técnico No.2 Bogotá D.E.
- Salhuana, W. (1985). Pasos requeridos para incrementar el uso de las adquisiciones exóticas. *En: Reporte del Foro Latinoamericano sobre investigación en Fitomejoramiento*. 11-13 Noviembre de 1985. Caracas- Venezuela “América Latina y sus Recursos Abundantes de Alimentos para el Futuro”.
- Salhuana, W., Q Jones, R. Sevilla. (1991). The Latin American Maize Project: Model for rescue and use of irreplaceable Germoplasm. *Diversity* 7:40-42.
- Salhuana, W., R. Sevilla. (1995). Latin American Maize Project (LAMP): Stage 4 results from homologous areas 1 and 5. LAMP, La Paz 1337, Lima, Perú.
- Salhuana, W., R. Sevilla, S.A. Eberthart. (1998). Latin American Maize Project-LAMP. Stage 4. Results from Homologous areas 2,3 and 4. November 1998.
- Sevilla, R. (1985). Disponibilidad y Utilización de Germoplasma de Cultivos Alimenticios en Latinoamérica. *En: Reporte del Foro Latinoamericano sobre investigación en Fitomejoramiento*. 11-13 Noviembre de 1985. Caracas- Venezuela “América Latina y sus Recursos Abundantes de Alimentos para el Futuro”.
- Timothy, 1966. Razas de maíz en Ecuador. D.I.A. Ministerio de Agricultura de Colombia. Oficina de Investigaciones Especiales. Boletín Técnico No. Bogotá D.E.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT. (1989). User guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 846 pp.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT. (1989). User guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 3, Cary, NC: SAS Institute Inc., 890 pp.
- SAS Institute. (2001). Data analysis Sample programs [online]. [6 p.] Available at: [www.sas.com/techsup/download/stat](http://www.sas.com/techsup/download/stat) [modified 1Mar. 2002; verified 21 Mar. 2002]. SAS Inst., Cary, NC.
- Taba, S. (1995). Maize germplasm: its spread, use and strategies for conservations. *In: S. Taba, ed. Maize genetic resources*, p. 7-58 México, D.F., CIMMYT.
- Taba, S., J. Díaz, J. Franco, and J. Crossa. (1998). Evaluation of Caribbean maize accessions to develop a core subset. *Crop Sci.* 38(5): 1378-1386.
- Taba, S., J. Díaz, J. Franco, J. Crossa, and S.A. Eberhart. (1999). A core subset of LAMP, from the Latin American Maize Project. CD-ROM. CIMMYT, Mexico DF, Mexico.
- Tanksley, S.D. (1983). Molecular markers in plant breeding. *Plant Molecular Biology Reporter* 1, 1-3.
- Wallhausen, E.J., A. Fuentes-O., and A. Hernandez-C. (1957). Races of Maize in Central America. *Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council Public.* 551. Washington DC.
- Wallhausen, E.J. (1965). Exotic germplasm for improvement of corn belt maize. In: 20<sup>th</sup> Report of Hybrid Corn Industry-Research Conference. Chicago, IL, 8-9 Dec 1965 (Sutherland, J.I. ed) Amer. Seed Trade Ass. Washington, DC. Pp 31-45.
- Ward, J.H., Jr. (1963) Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58:236-244.
- Wishart, D. (1987). CLUSTAN user manual. 3rd ed. Program Library Unit, Univ. of Edinburgh, Edinburgh.
- Literatura citada no revisada
- Cochran, W.G. (1954). Some Methods for Strengthening the Common  $\chi^2$  Test. *Biometrics*. 10, 417-451.
- Eckart, C. and G. Young. (1936). The Approximation of One Matrix by Another of Lower Rank. *Psychometrika*. 1, 211-218.
- Fisher, R.A. (1936). “The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems,” *Annals of Eugenics*, 7, 179-188.
- Fisher, R. (1938). Statistical Methods for Research Workers. 10<sup>th</sup> Edition. Edinburgh: Oliver and Boyd Press.
- Fisher, R.A. (1940). “The Precision of Discriminant Functions,” *Annals of Eugenics*, 10, 422-429.
- Goodman, L.A., and Krustal, W.H. (1954). Measures of Association for Cross-Classification I, II, III, and IV. *Journal of the American Statistical Association*. 49, 732-764.
- Guttman, L. (1941). The Quantification of a Class a Attributes: A Theory and Method of Scale Construction,” in *The Prediction of Personal Adjustment*, eds. P. Horst, et al., New York: Social Science Research Council.
- Hayashi, C. (1950). On the Quantification of Qualitative Data from the Mathematico-Statistical Point of View, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 2, (No.1), 35-47.
- Hirshfield, H.O. (1935). A Connection Between Correlation and Contingency. *Cambridge Philosophical Society Proceedings*, 31, 520-524.
- Hotelling, H. (1933). Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*. 24, 417-441, 498-520.
- Pearson, K. (1901). On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of points in Space. *Philosophical Magazine*. 6(2), 559-572.

- Rao, C.R. (1955). Estimation and Tests of Significance in Factor Analysis. *Psychometrika*, 20, 93-111.
- Rosenblatt, M. (1956). Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. *Annals of Mathematical Statistics*, 27, 832-837.
- Siegel, S. (1956). Nonparametric Statistics. N.Y.: Mac Graw Hill Book Co.
- Sorensen, T. (1948). "A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analysis of the Vegetation on Danish Commons," *Biologiske Skrifter*, 5, 1-34.
- Spearman, C. (1904). General Intelligence Objectively Determined and Measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.

**Fuente original de la Base de datos LAMP (1985B-1992)**

CA: Latin American Maize Project. Germplasm Resources Information Network.

TI: Datos del Proyecto Latino-Americano de Maiz: Data of the Latin American Maize Project.

SO: Beltsville, Md.: GRIN Database Management Unit, USDA-ARS-PSI-NGRL, [1992] 1 computer laser optical disc

CN: DNAL aSB191.M2D37--1992

DE: Latin-American-Maize-Project-Databases. Corn-Databases

**Acrónimos**

ARS / GEM: American Resources Service / Germplasm Enhancement for Maize

CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

CORPOICA: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

CP: Componentes Principales

GRMC: Grupo Racial de Maíces Colombianos

FAO: Food and Agriculture Organisation

LAMP: Latin American Maize Project

SNB-ICA/MAGDR: Sistema Nacional de Bancos-Instituto Colombiano Agropecuario / Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de Colombia

USDA-ARS/GEM: The United States Department of Agriculture –ARS/GEM

PNRGBV: Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología Vegetal-C.I. Tibaitatá-CORPOICA

PRINCOMP.SASV8e PRINcipal COMPonents Análisis. Statistical Analysis System Version 8e

PRINQUAL.SASV8e PRINcipal components of QUALitative data.

## Pago por servicios de conservación de la biodiversidad y sus implicancias para la acción colectiva y los derechos de propiedad (Caso: quinua)

*Payments for Agrobiodiversity Conservation Services (PACS) and its Interlinkages with Collective Action and Property Rights (Case study: quinoa)*

José Luis Soto<sup>(1)</sup>, Enrique Valdivia<sup>(1)</sup>, Adam Drucker<sup>(2)</sup>, Ulf Narloch<sup>(3)</sup>, Unai Pascual<sup>(3)</sup>, Milton Pinto<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Puno, Peru. josesoto1@yahoo.com.

<sup>(2)</sup> Bioversity International, Rome, Italy. a.drucker@cgiar.org.

<sup>(3)</sup> Department of Land Economy, University of Cambridge, UK. ugn20@cam.ac.uk.

<sup>(4)</sup> Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia

---

### Resumen

Este estudio trata de determinar la potencialidad de la implementación de planes de “Pago por planes de Servicios de Conservación de la Agro biodiversidad” (PACS) que genere incentivos para la conservación de biodiversidad agrícola y mejore la subsistencias de las familias conservacionistas. Además evaluamos el impacto de planes de pagos por conservación sobre los existentes derechos de propiedad y mecanismos de acción colectiva. Los análisis se basan en la aplicación de métodos participativos (juegos experimentales), entrevistas estructuradas a informantes claves y implementación de un concurso de conservación de variedades tradicionales en comunidades quechua-aymaras productoras de quinua en Perú y Bolivia. En base a los resultados se debe proponer a las agencias financiadoras y los tomadores de decisiones el diseño de programas de PACS en las zonas del estudio para el apoyo de decisiones que facilitara la conservación y los modos de subsistencia dentro del contexto de estrategias de conservación nacionales de la biodiversidad.

**Palabras clave:** quinua, ecotipos, conservación, concurso, PACS, Perú y Bolivia.

### Abstract

This study aims at evaluating the potential of “Payment for Agrobiodiversity Conservation Services” (PACS) schemes in facilitating the conservation of agricultural biodiversity and in strengthening the livelihoods of poor farmers. Moreover, we assess the degree to which the innovative concept of PACS can draw upon, support and complement local practices, rules and institutions of collective action and property rights that are included in farmer systems for managing and using agrobiodiversity. This study draws on a range of methodologies, as framed field experiments, structured interviews with key informants and the implementation of a pilot conservation tender in quinoa cultivating communities in Peru and Bolivia. Based on the results from this study we will develop a PACS framework to provide national policy makers with a decision-support tool that will facilitate conservation and livelihood improvements within the context of national biodiversity conservation strategies.

**Keywords:** quinoa, landraces, conservation tender, PACS, Peru and Bolivia.



## INTRODUCCIÓN

La biodiversidad de la agricultura es una de las bases de la supervivencia de los seres humanos y el buen vivir. A pesar de su importancia, la biodiversidad de la agricultura en ecosistemas y a nivel de especies y genética continua perdiéndose a un ritmo muy acelerado a través de muchos sistemas de producción en el mundo con grandes consecuencias, a gran escala, especialmente en comunidades pobres dedicadas a la agricultura (FAO, 1997 y 2007; Jackson et al. 2007). Hasta ahora no se ha considerado suficientemente estrategias de conservación in-situ conservación (Maxted et al. 2002; Bellon 2008). Las comunidades campesina juegan un rol clave en el manejo y la conservación de especies y variedades tradicionales, las mismas que tienen características adaptativas únicas (p.e. resistencia a enfermedades, tolerancia a las sequías, heladas, granizadas y salinidad entre otros) logradas a través de miles de años de domesticación dentro de un gran número de ambientes diferenciados. Por lo anteriormente citado estas especies y variedades tradicionales jugarán un rol importante en el futuro de la agricultura tanto en su desarrollo así como en su investigación, particularmente en el contexto del cambio climático, la globalización de la enfermedades epidémicas y el desarrollo de biotecnología.

Bajo estos antecedentes la biodiversidad agrícola necesita ser valorada apropiadamente y así acceder a mecanismos adecuados para permitir la captura de esos valores de conservación de la agro biodiversidad a nivel de agricultores quienes actualmente asumen los costos de manejo y conservación sin recibir compensación externa alguna, sin embargo ellos proveen oportunidades para implementar estrategias de conservación relativamente de bajo costo. En este marco se requiere el desarrollo de métodos económicos apropiados, apoyo a las herramientas para la toma de decisiones y estrategias de políticas de intervención.

El programa piloto PACS esta dirigido a ofrecer una compensación a aquellas comunidades u organizaciones de productoras de quinua que aseguren la conservación in situ mediante el cultivo de ciertas variedades tradicionales “ecotipos” de quinua que se encuentran en su zona y que están en alto riesgo de perderse. El estudio también busca mejorar el entendimiento con respecto al rol de la acción colectiva en agrobiodiversidad y su conservación y específicamente cuantas instituciones PACS

durables pueden ser creadas de tal forma que apoyen y complementen practicas locales, gobiernos e instituciones de acción colectiva y los derechos de propiedad.

El programa PACS es un proyecto de Bioversity International con fondos de la Fundación Syngenta para una Agricultura Sostenible y del Programa de Acción Colectiva y de Derechos de Propiedad (CAPRI). El estudio se ejecuta en acción conjunta de instituciones socias como Bioversity Internacional (Italia), La Universidad de Cambridge (UK), la Fundación de Investigación M.S. Swaminathan (India), el Centro de Investigaciones y Recursos Naturales (CIRNMA-Perú) y la Fundación PROINPA (Bolivia). Con el estudio inicialmente se pretende:

a) Determinar el potencial de la implementación de planes PACS que genere incentivos para la conservación de la biodiversidad agrícola y beneficios para los agricultores. b) Evaluar el impacto de los planes de pagos por conservación sobre los existentes derechos de propiedad y mecanismos de acción colectiva.

## MARCO TEORICO DEL ESTUDIO

Los servicios de conservación de la biodiversidad agrícola tienen un Valor Económico Total (VET) que consiste de componentes diferentes:

- a) Valor de uso: comercializable (apropiable por el productor)
- b) Valor de uso indirecto: valor de seguro apropiable por el productor (debido a su papel como bien impuro: público y privado)
- c) Valor de opción: p.e. cambio climático,
- d) Valor de no uso: valores culturales, religiosos, etc.

Debido a su carácter público, la diversidad genética es infra-utilizada en virtud a que no se le reconoce su valor real y potencial. El mercado solamente recoge una parte del VET de los servicios que son asociados con la conservación de la biodiversidad agrícola, así que no se reconoce el potencial real de la utilización de las variedades tradicionales (Guère et al. 2008). Por lo tanto hay que capturar su valor total por medio de *pagos por servicios de conservación de la biodiversidad agrícola* (PACS) para promover el uso de variedades tradicionales. El pago por servicios ambientales (PES por sus siglas en ingles) es un mecanismo flexible y adaptable a diferentes condiciones, que apunta a un pago o compensación directa por el mantenimiento o

provisión de un servicio ambiental, por parte de los usuarios del servicio al cual se destina a los proveedores. Por lo tanto el mercado puede ser utilizado para capturar el VET de la diversidad genética por medio de programas de PACS.

En la actualidad no se conocen estudios de PACS en el contexto del manejo y conservación de la Agrobiodiversidad, sin embargo se tienen referencias respecto a estudios por PES los mismos que se están utilizando para solucionar problemas ambientales similares en el contexto de la biodiversidad no domestica, protección de cuencas, almacenaje del carbono, etc (p.e. Wunder, 2007; Mayrand y Paquin, 2004; Landell-Mills y Porras 2002; Pagiola et al. 2002), en tal sentido este estudio llega a constituirse en el primero en su genero, el mismo que fundamentara nuevos conocimientos y que serán de vital importancia para la implementación de planes PACS futuros en otras regiones.

Idealmente PACS debería diseñarse respecto a cuatro objetivos: Efectividad: para conseguir el objetivo de conservación. Eficiencia: mediante métodos menos costosos para la sociedad. Equidad: sobre todo en las zonas rurales pobre. Sostenibilidad: en cuanto a la conservación a largo plazo. Por lo tanto hay que considerar factores de oferta (¿quién puede proveer los servicios de conservación a menos costes?); factores de demanda (¿quién puede pagar por la provisión de los servicios?) y mecanismos institucionales para que los pagos puedan ser dirigidas efectivamente a los proveedores de los servicios.

En la conservación de la biodiversidad agrícola instituciones de acción colectiva y derechos de propiedad juegan un papel importante (Eyzaguirre y Dennis, 2007). Como existen métodos de decisión colectiva referente al manejo de los cultivos (p.e. ejemplo la asignación de tierras, el uso común de labores productivas y maquinaria agrícola, además el intercambio de semillas), esos mecanismos de la acción colectiva pueden reforzar y garantizar el éxito de PACS. Al mismo tiempo los existentes derechos al acceso, manejo y control de la información genética. Los cultivos e inputs complementarios (p.e. tierra) afectan la implementación de PACS.

Pero, PACS a su vez puede influenciar directamente los patrones de la biodiversidad agrícola por medio de asignar nuevas formas de derechos de propiedad (p.e. a través la redefinición y el fortalecimiento de las actuales derechos de propiedad) y por medio de aumentar los incentivos

de manejar la biodiversidad agrícola de forma colectiva (p.e. a través de pagos al nivel de la comunidad). Por eso es necesario de evaluar el papel de PACS respecto a utilizar, favorecer y complementar prácticas y reglas locales.

## LOCALIZACION DEL ESTUDIO

### Sitios de campo

El ámbito de acción del estudio son comunidades productoras de quinua la cuenca del Lago Titicaca en Puno-Perú y el área circundante al salar de Uyuni en Bolivia. La elección de estos dos ámbitos de estudio se basa en las siguientes consideraciones: son consideradas el centro de origen y domesticación de especies andinas, además son áreas con mayor biodiversidad de quinua, y que en la actualidad existe una franca erosión o pérdida de esa diversidad de este grano altoandino.

### Identificación y selección de comunidades

La identificación de comunidades (Cuadros 1 y 2) fue en base a informantes clave, técnicos en las zonas productoras de quinua e información secundaria disponible. Luego de identificarlos se procedió a visitar las comunidades y tomar contacto con autoridades locales y líderes de organizaciones productoras. Posteriormente se selecciono a las comunidades y organizaciones de productores que mostraron interés por conservar la diversidad del cultivo con “ecotipos” o variedades tradicionales de quinua.

Entre septiembre 2009 a enero 2010 se visitaron las comunidades seleccionadas, previa coordinación con líderes y autoridades locales se programaron reuniones para socializar del proyecto (se informo de los objetivos, las actividades a implementar, el cronograma y otros temas de interés), paralelamente se acopio información de relevancia para el proyecto (ecotipos o variedades tradicionales que siembran o conocen, superficies de siembras, sistemas de producción y organización al interior de la comunidad u organización). Estas reuniones permitieron motivar a los productores para participar en esta iniciativa innovativa de pago por servicios de conservación.

En los cuadros 1 y 2 se muestra el detalle de las comunidades identificadas en cada zona de intervención donde actualmente se viene desarrollando actividades para el estudio. Para el caso del Perú se identificaron 18 comunidades en cinco provincias del departamento de Puno

(Cuadro 1), de las cuales 14 continúan en el proceso planeado para ejecutar el estudio. En esas comunidades trabajamos con una totalidad de 15 organizaciones de productores de quinua.

Para el caso de Bolivia, se identificaron 12 comunidades, de las cuales nueve se sitúan en tres provincias del departamento de Potosí y las restantes en el departamento de Oruro (Cuadro 2)

**Cuadro 1:** Comunidades identificadas y seleccionada para desarrollar el estudio por zona en Perú

Zona	Provincia	Distrito	Comunidades
Aymara	Juli-Chucuito	Juli	<del>Palermo Río Salado</del>
			Pucara Sullicani
			Yacari Tuntachahui
			Yacari Tisnachuro
Quechua	Puno	Pomata	Ccaje Chucasuyo
			**Challapampa
			Batallas
			Iscuani
Quechua	Cabanillas	San Román	**Cahualla
			Cari Cari
			Cineguillas
			Vizallani
Quechua	Cabanillas	San Román	Collana
			Taya Taya
			Huataquita
			Tancuaña
Quechua	Cabanillas	San Román	Rosario
			**Corisuyo

\*\*Comunidades que ya no están en el proceso por falta de interés

**Cuadro 2:** Comunidades seleccionadas para desarrollar el estudio por departamento en Bolivia

Departamento	Provincia	Comunidad
Potosí	Nor Lítez	Llavica
		Atullcha
		Copacabana
		Aguaquiza
Potosí	Antonio Quijarro	Sajsi
		Challa
		Chacala
		Palaya
Oruro	Ladislao Cabrera	Uyuni K
		Lia
		Jirira
		Cerro Grande

## METODOLOGÍA

### Concurso (subasta) de conservación de ecotipos de quinua

El concurso es tipo subasta por contratos de conservación, su implementación será a nivel colectivo o comunitario, siendo la participación voluntaria. El concurso se basa en la conservación de tres o cuatro variedades tradicionales de quinua “ecotipos” previamente establecidas por los coordinadores del concurso. Las variedades elegidas son aquellas que se consideren en mayor peligro a desaparecer por su baja producción en su zona.

### Proceso de identificación de ecotipos

Para conocer e identificar que ecotipos o variedades tradicionales de quinua poseen los productores y que siembran o sembraban en las comunidades se realizaron entrevistas directas a informantes clave, asimismo se distribuyeron formatos tipo encuesta. También se realizaron talleres participativos donde los productores enlistaron todas las variedades de quinuas (tradicionales y comerciales) con las que están familiarizados o que están en su conocimiento, aunque actualmente no cuenten con semilla, o que ya no se este sembrando en sus comunidades (Cuadros 3 y 4)

Una vez identificados los ecotipos (Cuadro 5) se realizó el análisis de disimilitud (diferenciación) entre los ecotipos identificados, para ello se tomo en cuenta los criterios de productores, técnicos especialistas e información secundaria de la caracterización de ecotipos quinua (INIA-Perú y PROINPA). Este análisis se hizo en base a características agromorfológicas fáciles de distinguir a nivel de campo como: color de planta, color del grano, tipo de crecimiento, color del tallo -hoja, color y forma de panoja, tolerancia al frío y usos específicos entre otros.

En base a experiencia del personal técnico (expertos locales) involucrados en el estudio en forma participativa se procedió a la categorización de cuatro criterios de riesgos (Cuadro 6) a ser considerados para la conservación de la biodiversidad de ecotipos de quinua.

**a) Frecuencia de tenencia de ecotipo por agricultor (C1):** se refiere al número de ecotipos que tiene cultivado o tiene como semilla guardada el agricultor. La cuantificación se hace en base a información de ecotipos cultivados o a la tenencia de semilla que no fue sembrada pero que

potencialmente puede ser sembrada en las siguientes campañas agrícolas.

**b) Superficie estimada total por ecotipo en la comunidad (C2):** es el área total estimada sembrada en la comunidad y es la sumatoria de las áreas sembradas por cada agricultor, expresado en m<sup>2</sup>.

La razón para considerar que un ecotipo de quinua estará estable en una determinada superficie, se basa en el rendimiento y densidad de siembra (p.e. de una hectárea se puede obtener a nivel de agricultor un rendimiento promedio de 600 a 800 kg/ha de semilla en condiciones normales, con esta cantidad de semilla se puede sembrar entre 60 a 80 hectáreas, utilizando una densidad de 10 kg/ha).

**c) Cantidad total de semilla por ecotipo (C3):** es la cantidad total de semilla expresada en gramos por ecotipo. Y representa la sumatoria de la cantidad de semilla por ecotipo que está en poder de cada agricultor.

Para la asignación mínima referencial de 50 a 100 gramos se ha considerado la cantidad mínima de semilla requerida para el almacenamiento de esta especie en los Bancos de Germoplasma de Granos de Bolivia. Según Rojas y Bonifacio (2001) indican que la cantidad mínima de semilla para el almacenamiento de un ecotipo de quinua es 60 gramos.

**d) Conocimientos sobre los usos locales de cada ecotipo:** se refiere al número de usos que tiene cada ecotipo, (p.e. preparados tradicionales, uso medicinal, artesanal, ritual, otros).

Los cuatro criterios de riesgo establecidos, las unidades y los valores por categoría se muestran en el cuadro 5. La valorización para los criterios de riesgo por niveles se realizó en base al conocimiento y experiencia de los técnicos especialistas en el manejo del cultivo de quinua en los ámbitos de intervención de CIRNMA y PROINPA.

### Participación en el concurso y selección de propuestas

Mediante invitación formal a interesados se realizó la difusión de las características del concurso, también se realizaron reuniones con el fin de clarificar el proceso y responder a dudas que puedan surgir al interior del análisis de las comunidades u organizaciones interesadas en participar. Las comunidades que deseen participar del concurso ofrecen sus servicios de conservación entregando su propuesta donde deben hacer conocer el nivel de conservación (área total

cultivada con el o los ecotipo (s), número de agricultores en la comunidad u organización en la conservación) y el nivel de compensación (en Nuevos Soles o Bolivianos) además del tipo compensación no monetaria (p.e. semillas, fertilizantes, materiales, equipos agrícolas).

La evaluación y selección de propuestas la realiza un equipo coordinador y se eligen las propuestas con los mejores niveles de conservación relativas a la compensación requerida hasta lograr la meta de conservación en términos de área sembrada y número de agricultores participantes.

### **Inscripción y verificación**

Las propuestas seleccionadas serán informadas a sus interesados, para proceder a su respectiva inscripción para participar del concurso, las comunidades u organizaciones seleccionadas inicialmente firman un contrato de conservación y reciben un vale de antemano equivalente entre 15 a 20 % de la compensación requerida.

El proceso de verificación se realiza una vez que los participantes hayan sembrado el cultivo en la campaña agrícola (2010-2011) según su propuesta de conservación. Al final de la campaña las comunidades y organizaciones reciben el resto de la compensación una vez verificado in situ el cumplimiento del contrato.

### **Juegos experimentales**

La economía experimental se dedica a comprender el comportamiento humano respecto a la resolución de “dilemas sociales”. Los juegos experimentales pueden incorporar elementos de altruismo, reciprocidad, reputación, conformismo, aversión a la desigualdad, y confianza, entre otros, que facilitan el entendimiento sobre el comportamiento humano “pro-social”. Así contribuyen a entender el papel que las estructuras e instituciones sociales juegan a la hora de resolver conflictos sobre intereses y los cambios en el comportamiento de las personas ante situaciones específicas. Con los datos experimentales de los juegos y datos sobre la situación socio-económica de los participantes se pueden realizar análisis estadísticos y análisis multivariados para testar hipótesis con solidez estadística y para buscar explicaciones a las raíces de los comportamientos que se observan de forma estadística.

### **El dilema en la conservación de la diversidad de los cultivos**

Aunque no se ha aplicado los juegos experimentales en el contexto de manejo de la

diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales, esos métodos puedan contribuir a entender la cooperación en la conservación de los recursos genéticos. Esos recursos no son bienes privados puros, ya que algunos servicios de conservación, como la provisión de información genética, el fortalecimiento de identidades locales y el mantenimiento de costumbres culturales, pueden ser clasificados como bienes públicos (Smale et al., 2004). Esos servicios difieren de servicios privados referente a su excluibilidad (no se puede limitar el libre acceso a este recurso por parte de otras personas) y sustractabilidad (al extraer o usar el recurso por parte de un individuo no implica la disminución del bienestar de otros usuarios del recurso).

Esas características provocan un problema estratégico denominado ‘free-riding’, ya que los agentes pueden beneficiarse de los bienes públicos sin contribuir a la conservación de éstos. Por eso los agentes tienen como mejor estrategia no contribuir a la conservación de algunos recursos genéticos, porque pueden disfrutar de los servicios públicos gracias a los esfuerzos del resto de la comunidad en su conservación. En consecuencia, la teoría de juegos prevé que nadie contribuya a los bienes públicos resultando en una situación socialmente ineficiente, en este caso ilustrado por la pérdida de ecotipos. Debido a ese dilema entre lo colectivo y lo individual por el carácter público de algunos servicios la diversidad genética, ésta se infra-utiliza desde un punto de vista social.

### **El diseño de los juegos experimentales**

En ese contexto un juego de bienes públicos puede ser aplicado para entender cuando un grupo actúa para maximizar el interés colectivo. Cárdenas y Ramos (2006: 86) lo describen de la forma siguiente: “... hay un número de jugadores que cuentan con una dotación o asignación inicial de fichas. Los jugadores tienen la posibilidad de invertirlas en una opción privada o en un proyecto colectivo o del grupo. Por cada ficha invertida en la opción privada, el jugador obtiene una rentabilidad fija y conocida, mientras que por cada ficha invertida en el proyecto público, el jugador

— y todos sus compañeros de grupo — obtiene un retorno menor que el de la ficha invertida en el proyecto privado, pero que puede ser superior cuando se suman los retornos de las fichas invertidas por los demás miembros del grupo en el proyecto público.” Se puede modificar estos experimentos e introducir incentivos que puedan alterar el comportamiento individual, porejemplo

las recompensas para la conservación de la diversidad de los cultivos mediante PACS.

Organizamos varias sesiones de los juegos en las comunidades peruanas y bolivianas y por sesión formamos cinco grupos de cuatro jugadores, que se enfrentan a un dilema social durante varias rondas. Los grupos se diferencian en su composición, es decir en la asignación de las fichas iniciales, así que hay grupos con una distribución uniforme de tierras agrícolas y otras con una distribución desigual. De esa forma se puede analizar el papel de la desigualdad en la cooperación. En total, el juego consiste de dos partes: seis rondas de un juego base (donde PACS no existe), y otras seis rondas siguientes donde se introduce un incentivo externo, en este caso la compensación externa mediante PACS. Para observar la divergencia entre PACS individuales y colectivos realizamos sesiones en las cuales los grupos reciben un pago por conservación al nivel del agricultor y otras en las cuales el pago está al nivel colectivo.

### **Objetivos de los juegos**

En los juegos experimentales se observa el comportamiento de los individuos dado diferentes incentivos individuales y colectivos. Así, sirven para entender procesos de cooperación (acción colectiva) en la provisión y conservación de bienes públicos y comunales (como la diversidad de los cultivos). Por tanto, se pretende analizar posibles cambios en el comportamiento de las personas ante diferentes niveles de compensación (asociados por ejemplo con diferentes programas de PACS). De esta manera los juegos sirven para evaluar el papel de las estructuras e instituciones internas y externas a la comunidad en resolver conflictos de intereses. Los métodos experimentales buscan entender los factores subyacentes respecto a las decisiones individuales hacia la cooperación en el manejo de recursos naturales (como recursos genéticos) para resolver situaciones socialmente ineficientes (pérdida de ecotipos).

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

Este estudio está en pleno proceso, y a que estamos implementando los juegos experimentales en las comunidades participantes, como el concurso comunitario para la conservación de ecotipos priorizados. Hemos invitado a comunidades y organizaciones a participar en el concurso y hay aceptación e interés del parte de los agricultores, así que esperamos recibir las propuestas en Abril 2010. En tal sentido en la sección siguiente reflejamos resultados preliminares con enfoque en el proceso de priorización.

### **Identificación de ecotipos**

En el cuadro 3 se muestra la información obtenida en Puno-Perú, se identificaron 20 ecotipos o variedades tradicionales de quinua con las que están familiarizados o que están en su conocimiento común de los productores de quinua, aunque actualmente no cuentan con semilla, o que y a no se este sembrando en sus comunidades, pero que en tiempo existían

En Bolivia se identificaron 31 ecotipos de quinua real (Cuadro 4) esta información esta en base a entrevistas directas e información secundaria “Estudio de la variabilidad genética de ecotipos de quinua real en el altiplano Sur de Bolivia”.

### **Análisis de disimilitud de ecotipos identificados**

En el cuadro 5 se muestra algunos parámetros considerados en el análisis de disimilitud para algunos genotipos de quinua realizado por el Programa Nacional de Investigación de Cultivos Andinos INIA-Puno, la misma que fue complementada con información generada en base al conocimiento de agricultores y técnicos especialistas del manejo del cultivo de la quinua, también se consultó información secundaria.

**Cuadro 3:** Identificación de ecotipos de quinua (variedades locales) para la zona Aymara y Quechua de Puno, consideradas para el Piloto PACS

<del>Ecotipos o variedades tradicionales de quinua</del>			
Ayara negro	Witulla roja	Wariponcho	Chullpi anaranjado
Ayara plomo	Witulla amarilla	Pasancalla plomo	Chullpi blanco
Roja	Janko witulla	Pasancalla rojo	Jara jiura
Qosqosa	Ccoito	Pandela	Wila jiura
Amarilla	Misa quinua	Chullpi amarillo	Cuchi wila

**Cuadro 4:** Ecotipos de quinua identificados en el altiplano sur – Bolivia

Real blanca	Wilacoimina	Utusaya	Amarillo
Mucura	7 hermanos	Chullpi	Hilo
Rosado	Kaslala	Kaisa	Toledo
Pisankalla	Puñete	Wilajipiña	Huallata
Huallata	Ckoye	Mocko	Chillpe rosado
Juchuy muju	Negra	Pandela	Rosa blanca
Mezcla	Kaslali		

**Cuadro 5:** Usos y características agromorfológicas de algunos ecotipos de quinua por grupo, Puno-Perú

Grupo	Color del grano	Forma de panoja	Color del fruto (episperma)	Tolerancia al frío	Uso
Chullpi	Blanco	Glomerulada	Transparente	Buena	Caldo, sopa,
	Rojo				puré, pesque
Wariponcho	Amarillo	Glomerulada/ Amarantiforme	Blanco	Alta	Sopa, harina
Witulla	Rojo	Glomerulada	Blanco	Alta	Quispiño,
	Amarillo		Café		harina, torrijas
	Café				Mana, pops,
Pasankalla	Marrón	Glomerulada	Café	Buena	harina, pito
	Negro		Negro brillante		
	Café				Torreja,
Koito	Negro	Glomerulada/ Amarantiforme	Café oscuro	Buena	quispiña, medicinal
Roja	Rojo	Amarantiforme	Rojo	Mediana	Chicha
Misa quinua	Rojo/blanco		Rojo/blanco	Mediana	Ritual
Cuchi Wila	Rojo vino		Rojo vino	Alta	Chicha, quispiño
Amarilla	Amarillo		Amarillo	Alta	Harina
Janko	Blanco		Blanco	Alta	Harina, sopa
Chullpi anaranjado	Anaranjado	Glomerulada	Transparente	Buena	Caldo, sopa

**Fuente:** En base a información secundaria e informantes clave recopilado en visita a comunidades y talleres participativos.

**Definición de criterios y niveles de riesgo**

Para el Perú, en el cuadro 6 se muestran las unidades y valores para los cuatro criterios de riesgo (C1 a C4) y los valores adoptados para los niveles de riesgo (1 a 4) en la que se pueden encontrar los ecotipos a ser analizados.

Los valores asumidos que se muestran en el cuadro anterior son producto del consenso y acuerdos previos debatidos abiertamente entre los técnicos especialistas, en base a la experiencia de campo.

Para el caso de Bolivia los resultados se muestran en el cuadro 7

Los valores más bajos para los cuatro criterios corresponden al nivel o categoría de “crítico” o “riesgo crítico”, contrariamente los valores mas altos corresponden al nivel o categoría “no en riesgo” o “estable”

**Priorización de ecotipos**

Los resultados de la priorización de ecotipos para el caso Perú se muestran en el cuadro 8, donde observamos los valores alcanzados en la calificación para cada criterio de riesgo y el ranking de ubicación de acuerdo al nivel de riesgo

Según la información presentada en el cuadro anterior los ecotipos a considerarse en riesgo de perderse son aquellos que han alcanzado una sumatoria menor a 10 puntos. Tomando como referencia este valor tenemos que 6 ecotipos priorizados, pero haciendo un análisis mas detallado de las características de cada ecotipo priorizado tenemos que el ecotipo “ayara plomo” es un ecotipo silvestre por lo tanto consideramos que no puede formar parte de un programa de conservación como es nuestro estudio de PACS

**Cuadro 6:** Niveles adoptadas para cuatro criterios de riesgo que permiten evaluar la pérdida de ecotipos en comunidades de Puno-Perú

Criterio de Riesgo	Unidad	Nivel de riesgo			
		1	2	3	4
		Crítico	En riesgo	Riesgo leve	No en riesgo
<b>C 1</b> Tenencia/ecotipo	Nº Agricultores	1 a 3	4 a 6	7 a 9	> a 10
<b>C 2</b> Superficie/ecotipo	m <sup>2</sup>	< a 50	51 a 100	101 a 2500	> a 2500
<b>C 3</b> Cantidad semilla	Gramos	> a 50	51 a 100	101 a 2500	> a 2500
<b>C 4</b> Conocimientos	Cantidad	1 a 2	2 a 5	Hasta 6	> a 6

**Cuadro 7:** Categorías para cuatro criterios de riesgo que favorecen la pérdida de ecotipos y/o variedades de quinua

Criterio de Riesgo	Unidad	Nivel de riesgo			
		1	2	3	4
		Crítico	En riesgo	Riesgo leve	No en riesgo
<b>C1</b> Tenencia/ecotipo	Nº	1 a 3	4 a 7	8 a 10	> a 10
<b>C2</b> Superficie/ecotipo	m <sup>2</sup>	< a 500	501 a 1000	1001 a 5000	> a 5000
<b>C3</b> Cantidad semilla	G	> a 100	101 a 800	801 a 2000	> a 2000
<b>C4</b> Conocimientos	Nº	1 a 2	3 a 5	5 a 6	> a 6



Por lo que nos quedamos con cinco ecotipos: a) Roja, b) Misa quinua, c) Chillpi Anaranjado y d) Cuchi Wila y e) Janko Witulla.

De las cuales tres (a, b, d) son similares en muchas de sus características agromorfológicas. En consecuencia de esos tres ecotipos se priorizo el ecotipo “Misa quinua” porque tiene características únicas es el tipo de panoja amarantiforme y el color de grano (rojo y blanco) fácilmente identificables, además del ecotipo “Cuchi wila” por la coloración del grano rojo vino y su tolerancia a heladas.

Para el caso de Bolivia se tienen los siguientes resultados (Cuadro 9) donde se muestra los resultados de la valoración de los ecotipos de quinua real de acuerdo a los cuatro criterios de riesgo identificados. Los ecotipos fueron calificados en función a cada criterio de riesgo, los valores variaron de 1 a 4 de acuerdo a las características de cada ecotipo y finalmente se realizó la sumatoria de los valores de los criterios para cada ecotipo

**Cuadro 8:** Ranking según criterio de priorización de ecotipos de quinua (variedades tradicionales) zonas Aymara y Quechua de Puno por ecotipo

N°	Ecotipos	Otros nombres con los que se conoce	Criterios/niveles de riesgo				SUMA RANKING	
			C1	C2	C3	C4		
1	Ayara negra	Aara, Ajara	3	3	3	4	13	
2	Ayaraplomo	Aara, Ajara	2	2	1	3	8	3°
3	Roja	Chica quinua	1	1	1	2	5	1°
4	Qosqosa		3	2	2	3	10	
5	Amarilla	Kellu	3	3	3	4	13	
6	Witulla roja		3	3	3	4	13	
7	Witulla amarilla		3	3	3	4	13	
8	Janqo witulla		2	2	2	3	9	4°
9	Ccoitu	Coito, coytu Misa Misa, Peruanita,	3	3	3	4	13	
10	Misa quinua	Banderita, Chiquita						
11	Wuariponcho		2	3	2	3	10	
12	Pasancalla plomo	Pasankalla	3	2	2	3	10	
13	Pasancalla rojo	Pasankalla	3	3	3	4	13	
14	Pandela		3	3	3	2	11	
15	Chullpi amarilla		3	3	2	3	11	
16	Chullpi anaranjado		2	2	2	2	8	3°
17	Chullpi blanco (Real)	Wallaque jiura, Chullpi	3	3	3	4	13	
18	Jaru jiura		2	2	3	4	11	
19	Wila jiura		3	3	3	4	13	
20	Cuchi wila		2	2	2	3	9	4°

**Cuadro 9:** Valoración de los ecotipos de quinua real de acuerdo a cuatro criterios de riesgo.

N°	Ecotipo	Criterios de Riesgo				Sumatoria
		C1	C2	C3	C4	
1	Blanca real	4	4	4	4	16
2	Blanco puñete	3	4	4	2	13
3	Blanca Utusaya	3	4	4	3	14
4	Mañiqueña	4	4	4	4	16
5	Mocko	4	4	4	4	16
6	Chillpi	1	3	2	2	8
7	Chillpi rosada	1	3	2	2	8
8	Rosa Blanca	3	4	4	3	14
9	Pandela	4	4	4	4	16
10	K'ellu	3	4	4	2	13
11	Toledo	4	4	4	4	16
12	Roja (Granadina)	1	2	2	1	6
13	Achachino	4	4	3	3	14
14	Manzana	2	2	3	1	8
15	Pisankalla	4	4	4	4	16
16	C'oitu	1	1	1	1	4
17	Uyuka	-	-	-	-	-
18	Quinua negra	4	4	4	4	16
19	Limeña	3	3	3	3	12
20	Kanchis	2	2	2	2	8
21	Mezcla	-	-	-	-	-
22	Señora	2	3	4	2	11
23	Challamoco	4	4	4	4	16
24	hermanos (Huallata)	1	2	3	2	8
25	Kaslala	1	3	2	2	8
26	Kairoca	2	2	4	2	10
27	Elva	2	2	3	2	9
28	Anaranjado	2	2	2	2	8
29	Sallami	-	-	-	-	-
30	Hilo	2	3	3	2	10
31	Mizca	2	2	2	2	8

Los valores totales para cada ecotipo (Sumatoria) variaron de 0 a 16, algunos ecotipos mostraron un valor total desconocido (-) debido a que no se tiene información precisa de los mismos en comunidades y tampoco son conocidas por los técnicos especialistas quienes realizaron esta valoración, en consecuencia, los ecotipos Uyuca, Mezcla y Sallami no se tomaron en cuenta en la selección. Aunque los ecotipos “C’oitu” y “Roja” (Granadina) presentaron los valores acumulados más bajos de 4 y 6 respectivamente, fueron descartados en la priorización de ecotipos debido a que, en el caso del ecotipo “C’oitu”, aparece como maleza de las parcelas de quinua en producción y tiene amplia distribución por todas las comunidades y en el caso de “Roja” (Granadina) su grano luego del beneficiado es similar a cualquier otra variedad comercial de quinua

## CONCLUSIONES

El programa PACS es un estudio innovativo para tratar de entender las ventajas y desventajas de pagos por conservación de variedades tradicionales, y para proponer políticas o lineamientos de cómo mantener la agrobiodiversidad mediante PACS.

El estudio trata de evaluar diferentes medios de PACS (por ejemplo compensación directa o concurso) al nivel individual y al nivel colectivo con referencia a su efectividad, su eficiencia y su equidad para determinar la potencialidad de la implementación de planes de PACS que genere incentivos para la conservación de biodiversidad agrícola y beneficios para los agricultores.

Además el estudio analiza el impacto de planes de pagos por conservación sobre los existentes derechos de propiedad y mecanismos de acción colectiva. Los componentes claves del estudio son la aplicación de juegos experimentales y la implementación de un concurso de conservación de variedades tradicionales.

Estamos realizando juegos experimentales con agricultores en las comunidades participantes para analizar el papel que juega la acción colectiva en el manejo de la diversidad de los cultivos y como recompensas externas podrían cambiar los incentivos de conservación. En base de los resultados se trata de entender como pagos por conservación a un nivel individual versus pagos a un nivel colectivo podrían facilitar la cooperación en la conservación de las variedades.

La acción colectiva es muy importante en fortalecer la capacidad de adaptación de comunidades campesinas manejando agro-ecosistemas tradicionales, por lo tanto PACS es también un instrumento promisorio para incrementar la resistencia de los sistemas socio-ecológicos por lo tanto una herramienta potencial para contribuir a su sostenibilidad.

Se está implementando un concurso piloto en Perú y Bolivia para compensar a las comunidades que ofrecen un nivel de servicios de conservación a menores costos. Los productores de quinua (organizaciones/comunidades) mostraron interés para participar del estudio y consecuentemente están dispuestas a participar del concurso para conservar los ecotipos priorizados que se encuentran en riesgo de perderse. Es así que se seleccionaron 15

grupos

(organizaciones/comunidades) en Perú y 12 comunidades en Bolivia.

Parte del concurso es el proceso de priorización de los ecotipos de quinua, que forma la base para iniciar la subasta entre las comunidades o organizaciones. En base a los conocimientos y experiencia en la producción de quinua, productores y técnicos han identificado y descrito ecotipos de quinua que se siembran o que se sembraban en las comunidades.

En función a criterios de técnicos especialistas se ha realizado la priorización de ecotipos identificados, para Perú se priorizaron cuatro ecotipos (Misa misa, Chullpi anaranjado, Janko witulla y Cuchi wila), para Bolivia son cinco ecotipos priorizados (Chullpi blanca, Huallata, Hilo, Kanchis y Noventon) los mismos que formaran parte del concurso comunitario de conservación de diversidad de quinua.

En base a los resultados se debe proponer a las agencias financiadoras y los tomadores de decisiones el diseño de programas de PACS en las zonas del estudio para la conservación de la agrobiodiversidad y el mejoramiento de los medios de vida de los campesinos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bellon, M. (2008). Do we need crop landraces for the future? Realizing the global option value of in situ conservation. In: Kontoleon, A., Pasqual, U., Smale M. (Eds.), *Agrobiodiversity*
- Cárdenas, J. C. y Ramos, P. A. (2006). Manual de juegos experimentales para el análisis del uso colectivo de los recursos naturales. Centro Internacional de la Papa, Lima: Proyecto Regional Cuenca Andinas CONDESAN\_GTZ.
- Ezaguirre and Dennis (2007). The Impacts of Collective Action and Property Rights on Plant Genetic Resources. *World Development* 35 (9):1489-1498.
- FAO. (1997). *The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*.
- FAO (2007). *The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.
- Gruère, G.P., Giuliani, A., Smale, M., (2008). Marketing underutilized plant species for the benefit of the poor: a conceptual framework. In: Kontoleon, A., Pasqual, U., Smale M. (Eds.), *Agrobiodiversity Conservation and Economic Development*. Routledge, Abington, Oxon, UK:73-87.
- Jackson, L.E., Pascual, U., Hodking, T., (2007). Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121: 196–210.
- Landell-Mills, N and Porras, T. I. 2002. "Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor". Instruments for sustainable private sector forestry series. International Institute for Environment and Development, London.
- Maxted, N., Guarini, L., Myer, L. and Chiwona, E.A. (2002). Towards a methodology for on-farm conservation of plant genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49: 31–46, 2002.
- Mayrand K. and M. Paquin. 2004. Payments for Environmental Services: A Survey and Assessment of Current Schemes. Unisfera International Centre for the Commission of Environmental Cooperation of North America, Montreal, p.9.
- Smale, M., Bellon, M.R., Jarvis, D. and Shapit, B. (2004). Economic concepts for designing policies to conserve crop genetic resources on farms. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 121-135.
- Pagiola, S., J. Bishop, and N. Landell-Mills, editors. 2002. *Selling forest environmental services. Market-based mechanisms for conservation and development*. Earthscan, London.
- Rojas W. y M. Pinto. 2002. Estudio de la variabilidad genética de ecotipos de quinua real en el altiplano sur de Bolivia. En Informe anual 2001 -2002. Proyecto Producción Sostenible de la quinua. Fundación Proinpa. La Paz, Bolivia.
- Wunder, S. 2007. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology* 21: 48-58