

# CienciaAgro

ISSN 2077317X

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY



## Avances en ciencia y tecnología agropecuaria y desarrollo rural

Cienciagro Vol.5 Nr.1 (2015)

Predadores de plagas en cultivos andinos del altiplano peruano

*Bravo y Loza (1-6)*

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

*Bustamante et al. (7-15)*

Tecnologías ancestrales y su vigencia frente al cambio climático

*Chilon E. (16-20)*

El potencial de la agricultura orgánica para mejorar la seguridad alimentaria

*Friederike E. y Torrico A. (21-28)*

LULUCF projects under the CDM: an opportunity to increase food security in developing countries  
Adaptation, Mitigation and Sustainable Development countries

*Loaiza L. y Torrico A. (29-34)*

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

*Mayta H. et al. (35-41)*

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*)

*Tacora C. et al. (42-52)*

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

*Cardona O. (53-61)*

Pago por Servicios de Conservación de la Biodiversidad y sus implicancias para la Acción Colectiva y los Derechos de Propiedad (Caso: Quinua)

*Soto J. et al. (62-74)*



PAGINA EDITORIAL DE LA REVISTA

Título: CienciaAgro

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.5 Nr.1 (2015)

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. Carretera 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

## Deforestation Rates in the Mexican Huasteca Region (1976-2011)

*Tasas de deforestación en la Región Huasteca de México (1976-2011)*

Carmelo Peralta-Rivero<sup>1\*</sup>, Carlos Contreras Servín<sup>1</sup>, M. Guadalupe Galindo Mendoza<sup>1</sup>, Marcos Algara Siller<sup>2</sup>, Jean François Mas Causse<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí - Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la tecnología, Zona Universitaria, San Luis Potosí, SLP, México, e-mail: peralta.carmelo@gmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma San Luis Potosí, México

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

\* Autor de correspondencia

### Abstract

The current study aims to analyze temporal land use and land cover changes in the Huasteca region. We used cartographic information of land use and vegetation for the years 1976, 1993, 2002, 2007, and 2011, with a scale of analysis of 1:250,000 from the National Institute of Statistics and Geography of Mexico. The cartography data was corrected, standardized, and affected areas by deforestation were quantified and mapped. Different techniques of Geographic Information Systems were developed to demonstrate that process of land use and land cover changes have occurred in 17.43% of the region's surface. Agriculture and the increase of pasture could be identified as the main human-induced activities that have led to the modification of the forest covers. The forest and rain forest were affected by deforestation and the rate of change was higher than the national average, mainly in the period 1976-2002. Further important alterations include a change from natural land cover to non-original land cover affecting an area of 4,874.28 km<sup>2</sup> between 1976 and 1993, and 2,474.93 km<sup>2</sup> in the period 1993-2002. Smaller changes could be detected for the periods 2002-2007 and 2007-2011. Mapping for the years of analysis made it possible to identify the land use and land cover changes in the Huasteca region. The techniques used are tools that can be employed to assess the negative impact on the vegetation, and to propose alternatives for the management and sustainable use of natural resources.

**Keywords:** Land use change, deforestation, GIS, temporal analysis, Huasteca

### Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios temporales de uso y cobertura de suelo en la región Huasteca de México. Utilizamos información cartográfica de uso de suelo y vegetación para los años 1976, 1993, 2002, 2007 y 2011 con una escala de análisis de 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México. La información cartográfica fue corregida, estandarizada y se cuantificaron y mapearon las principales áreas afectadas por deforestación. Diferentes técnicas de Sistemas de Información Geográfica fueron desarrolladas para demostrar que los cambios de uso y cobertura de suelo ocurrieron en 17.43% de la superficie de la región. La agricultura y el incremento de pasto pueden ser identificadas como las principales actividades humanas que han modificado la cobertura forestal. Los bosques y selvas fueron afectados por la deforestación con tasas de cambios más alta que la tasa promedio a nivel nacional, principalmente para el periodo 1976-2002. Otras alteraciones

importantes incluyen un cambio de las coberturas naturales de suelo hacia las coberturas no originales de suelo afectando a un área de 4,874.28 km<sup>2</sup> entre 1976 y 1993, y 2,474.93 km<sup>2</sup> en el periodo 1993-2002. Cambios menores pudieron ser detectados para los periodos 2002-2007 y 2007-2011. El mapeamiento para los años de análisis hizo posible la identificación de los cambios de uso y cobertura de suelo en la región Huasteca. Las técnicas utilizadas son una herramienta que pueden ser usadas para evaluar impactos negativos en la vegetación y proponer alternativas para el manejo y uso sostenible de los recursos naturales.

**Palabras clave:** Cambios de uso de suelo, deforestación, SIG, análisis temporal, Huasteca

## INTRODUCTION

Humans are the main transformer of the world's ecosystems (Vitousek et al., 1997) and its impact had generated worldwide biodiversity loss and global warming, regional scale alteration of hydrological cycles, deforestation, loss of habitat and changing the distribution and abundance of wildlife (Marquez-Linares et al., 2005).

Also, it has provoked the generation of differentiated spatial patterns of land use change which, generally, are reflected in the loss of areas with natural vegetation such as temperate or tropical forests (López-Blanco, 2005).

This ambition to convert forests and rain forests into land for livestock production and agriculture has caused annual deforestation rates of up to 2% in the world's rain forests (Dirzo and García, 1995; Castillo-Santiago et al. 2007; Pacheco et al. 2009). In the case of the Mexican Republic, 52% of the country's total surface of 1,945,748 km<sup>2</sup> are covered by forests, rain forests and large areas of scrublands with tree vegetation that reach a height of up to 3 meters (Ricker, 2010).

However, the National Forest Inventory of Mexico for the year 2000 registered a loss of 36% with regard to forest and rain forest ecosystems (Ricker 2010). According to Velazquez et al. (2002), deforestation rates in Mexico varied between -0.25 and -1.02% during the period from 1976 to 2000, indicating a loss of 0.25 and 1.02% of forest cover per year.

The Huasteca region for instance has been historically known for producing many forest resources. Nonetheless, forest cover has been modified in various ways as a result of human-induced activities. Different biophysical factors come together with human-induced activities such as agriculture and livestock production, which may have an important impact on the transformation of ecosystems (Algara, 2009). The most important alteration can be observed with regard to rain forests and forests (Quinteros, 2012). Furthermore, the modernization of productive activities have accelerated and deepened these changes, due to the fact that the age of industrialization provoked the increase of livestock

herding, the demand for wood and the need for wood-derived products (Aguilar-Robledo, 2001).

Despite this loss of forest cover in the past, there are few studies and little new quantifiable information on the deforestation rate and other changes in land use and land cover that have occurred in the Huasteca region (Reyes et al., 2006). The Huasteca is located between the Nearctic and Neotropic regions, which are both rich in biodiversity (Mittermeier and Goettsch, 1992). It is therefore very important to conserve its remnant of vegetation in order to protect the biodiversity, and to assure the livelihood of the people as well as all the benefits and services that this region provides.

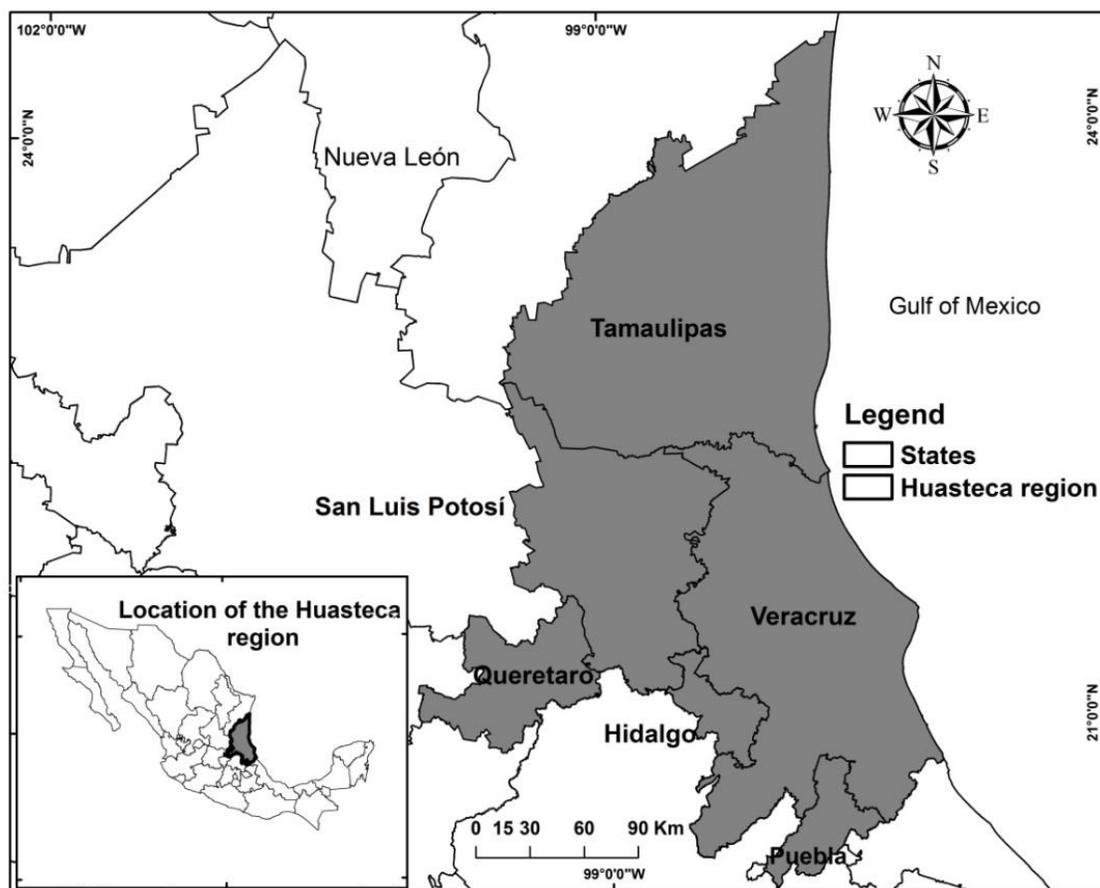
The timely and precise evaluation of patterns pertaining to land use and land cover change "deforestation" allows understanding how regeneration, succession and degradation processes work in woodland ecosystem (Marquez-Linares et al. 2005). Hence, by evaluating these patterns, this study will contribute to the development of forest management, conservation and restoration strategies in an area affected by human-induced activities.

For these reasons, the main *objective* of this paper was to evaluate the deforestation rates in the Huasteca region of Mexico.

## MATERIAL AND METHODS

### Study area

The Huasteca region is divided into different political and administrative entities, each of which is named according to the state of the Mexican Republic to which it belongs. This is how the Huasteca is constituted by the Huasteca Hidalguense, Potosina, Tamaulipeca, Veracruzana, Poblana and Queretana (Figure 1). The region is generally characterized by sharing a culture and vegetation types with similar characteristics, and the area is located between 22° 16' 00" Northern Latitude and 98° 30' 00" Western Longitude. It covers approximately 65,675.85 km<sup>2</sup> with a population over three millions of inhabitants (CONABIO, 2012).



**Figure 1.** Location of the study area: Huasteca region of Mexico.

## Preparation of the data base

The methodological approach was based on the use of a Geographical Information System, which allowed analyzing changes in land use and land cover with a reasonable degree of effectiveness (Klemas, 2001; Velazquez et al. 2002; Berberoglu and Akin, 2009; Weckmüller et al. 2013; Peralta-Rivero et al. 2013). This method made it possible to collect, to structure and to analyze important spatial information for the management of tropical areas (Green et al. 1996; Klemas, 2001).

In order to analyze the land use-land cover change and deforestation processes, many research projects that deal with large areas have used cartography from official sources (Velázquez et al. 2002; Rosete-Vergés et al. 2009; Miranda-Aragón et al. 2013). In the case of

the Huasteca Region, the data base for land use and vegetation was used corresponding to series I ( $t_1$ ) (1976), series II ( $t_2$ ) (1993), series III ( $t_3$ ) (2002), series IV ( $t_4$ ) (2007) and series V (2011) on a scale of 1:250,000. It was provided by the directorate general for research on ecological management and ecosystem conservation of the National Institute of Ecology and the National Institute for Statistics and Geography (INEGI) which had generated and carried out a process of data validation (INEGI, 2000, 2003, 2004, 2005, 2011, 2013; Velazquez et al. 2002; Niño and Victoria, 2013; Rosete et al. 2014) (Table 1).

Table 1. Comparison table of methods and inputs used for mapping land use and land cover in the Huasteca region, scale 1:250,000.

Event	Source of spatial data	Spatial resolution	Methodology	Data of field data
Series I (t <sub>1</sub> 1976)	Aerial Photography (years 1986-1986), scale 1:50,000 and 1:80,000	Grain emulsion, scale flight	Analog technology. Optical-mechanical equipment. Transferred to digital format by scanning and digitizing.	(1968) 1971-1986
Series II (t <sub>2</sub> 1993)	Landat TM 5, year 1993	30 m/pixel	Analog technology. Optical-mechanical equipment. Transferred to digital format by scanning and digitizing.	1993-1998
Series III (t <sub>3</sub> 2002)	Landsat ETM, year 2002	27.5 and 30 m/pixel	Digital technology: PC platform and software SIG	2002-2004
Series IV (t <sub>4</sub> 2007)	SPOT, years 2007 and 2008	10 m/pixel	Digital technology: PC platform and software SIG	2007-2008
Series V (t <sub>5</sub> 2011)	Landsat TM and ETM	30 m/pixel	Digital technology. PC platform and software SIG	2011-2014

Source: Velázquez et al., 2002; INEGI, 2003, 2004, 2005, 2011, 2013; Niño and Victoria, 2013; Rosete et al. 2014.

In order to obtain the data base for the study area, maps on land use and land cover were merged and projected on the coordinate system UTM WGS-84. This allowed a better overlap of polygons and made it possible to extract the study area.

The classes of land cover and land use were standardized (Appendix 1) and the following were established: agriculture, water, urban areas, forest, scrubland, other types of vegetation, grassland, rain forest, without vegetation, and secondary vegetation (Figure 2). Standardization of classes consisted of labeling digitized polygons in different mother classes

### Analysis of the processes of land use and land cover changes

In order to obtain statistical data and maps on land use and land cover changes standardized and cartography sources were superimposed with reclassified cartography sources from the series t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>, t<sub>4</sub> and t<sub>5</sub>.

This part of the analysis allowed generating a map that expresses the magnitude as well as the spatial distribution of land cover and land use changes dynamics in the Huasteca region.

In order to describe the dynamics of change in the forest cover, a “deforestation process” model was developed, based on which change rates were calculated according to the equation introduced by the FAO (1996) (equation 1).

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1 \quad (1)$$

Where  $\delta$  is the change rate (in order to express percentage, it has to be multiplied by 100); S<sub>1</sub> is the surface on the first date 1; S<sub>2</sub> is the surface on the second date 2; and  $n$  is the number of years between the two points of time.

(e.g. forest, pasture, agriculture) so that they could be compared to the different series showed in table one. This was done because the different cartographies (series I to Series V) were developed under various methodologies and classification systems of land use and land cover.

Likewise, the different standardized classes were reclassified as natural covers, non original covers, water and urban areas with the aim to analyze the effect of human-induced activities on the land use and land cover in the region (Figure 2) (Appendix 1).

This rate expresses change in terms of the percentage of the surface at the beginning of each year. The same procedure was used for each of the other standardized classes, in a way that the results reflect all transitions regarding land cover and land use.

Covers that were affected by systematic transitions were distinguished from those where change happened randomly. Dominant marks of change and indications for change were identified as well as gross gains and losses, with the aim to obtain the total change in the respective categories (Pontius et al., 2004). To this end, a cross-tabulation or change matrix was developed by crossing the maps created at a specific time (time 1 and time 2). In the mentioned matrix, the rows represent the categories of the map in time 1 (T<sub>1</sub>) and the columns represent the categories of the map in time 2 (T<sub>2</sub>). In addition, another column was added in order to represent the deforestation rate or land use and land cover change for the different classes (Table 2).

Finally, to estimate the areas that were subject to the natural regeneration of vegetation (1976-2011), the covers which had reached a primary forest stratum were quantified and mapped (Table 3).

**Table 2. Cross-tabulation matrix for two maps from different dates.**

Time 1	Time 2					6	7	8
	1	2	3	4	5			
1		<i>Class 1</i>	<i>Class 2</i>	.....	<i>Class n</i>	<i>Total T<sub>1</sub></i>	<i>Loss (L<sub>ij</sub>)</i>	<i>Loss rate</i>
2	<i>Class 1</i>	$P_{11}$	$P_{12}$	.....	$P_{1n}$	$P_{1+}$	$P_{1+} - P_{11}$	%
3	<i>Class 2</i>	$P_{21}$	$P_{22}$	.....	$P_{2n}$	$P_{2+}$	$P_{2+} - P_{22}$	%
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	%
5	<i>Class n</i>	$P_{n1}$	$P_{n2}$	.....	$P_{nn}$	$P_{n+}$	$P_{n+} - P_{nn}$	%
6	<i>Total T<sub>2</sub></i>	$P_{+1}$	$P_{+2}$	.....	$P_{+n}$	$P$		
7	<i>Gain (G<sub>ij</sub>)</i>	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	.....	$P_{+n} - P_{nn}$			

Source: based on Pontius et al., 2004 and FAO, 1996.

**Table 3. Examples of the dynamic of land use and land cover change and the identification of natural regeneration and deforestation in the Huasteca Region.**

Series I (1976)	Series II (1993)	Series III (2002)	Series IV (2007)	Series V (2011)	Process	Changes in land covers
Secondary vegetation	Secondary vegetation	Secondary vegetation	Forest	Forest	Natural regeneration	Non-original land cover that changed to natural land cover 2002-2007
Pasture	Secondary vegetation	Secondary vegetation	Secondary vegetation	Rain forest	Natural regeneration	Non-original land cover that changed to natural land cover 2007-2012
Forest	Forest	Forest	Agriculture	Pasture	Deforested	Natural land cover that changed to non-original land cover 2002-2007
Rain forest	Agriculture	Pasture	Pasture	Urban area	Deforested	Natural land cover that changed to non-original land cover 1976-1993
Secondary vegetation	Secondary vegetation	Pasture	Pasture	Agriculture	Under human induced activities	Non-original land cover maintained between 1976-2011

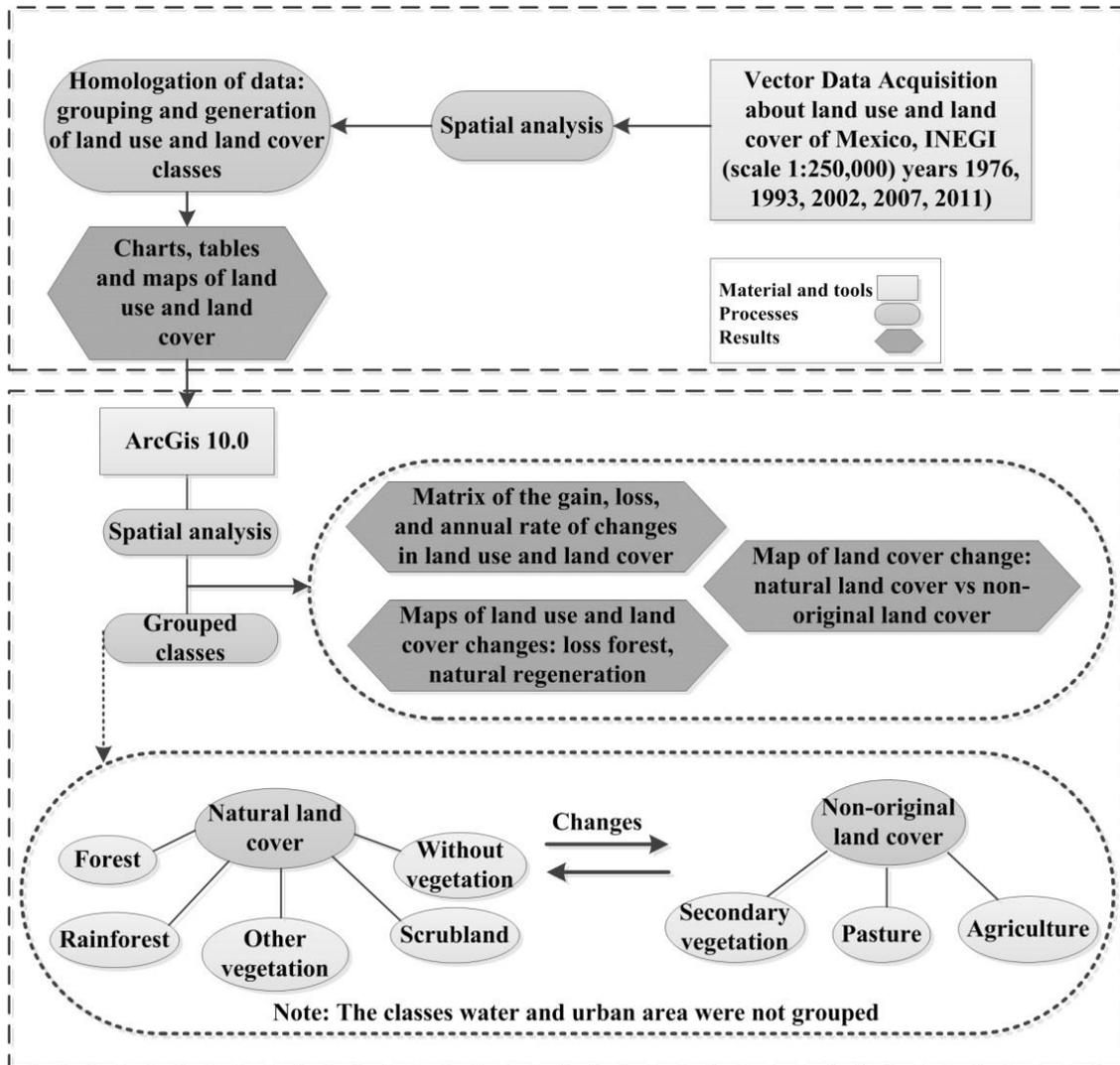


Figure 2. Flowchart of the stages developed in the analysis of changes in land cover and land use.

## RESULTS

### Land use and land cover

The dynamics of land use and land cover in the Huasteca region can be reconstructed for a timeframe of 35 years (Appendix 2) (Figure 3 and Figure 4), based on the analysis of the obtained information. Table 3 indicates that the biggest areas that were mapped and quantified correspond to agriculture and pasture, representing approximately 60% of the surface of the Huasteca Region

in the year 2011. It can be observed that the share of agricultural land has increased continuously by almost 50% over the past 35 years (1976-2011). In the case of pasture, this class had the highest surface until 1993, but in the last period (1993-2011) it has been decreasing its area in small proportions (Figure 3).

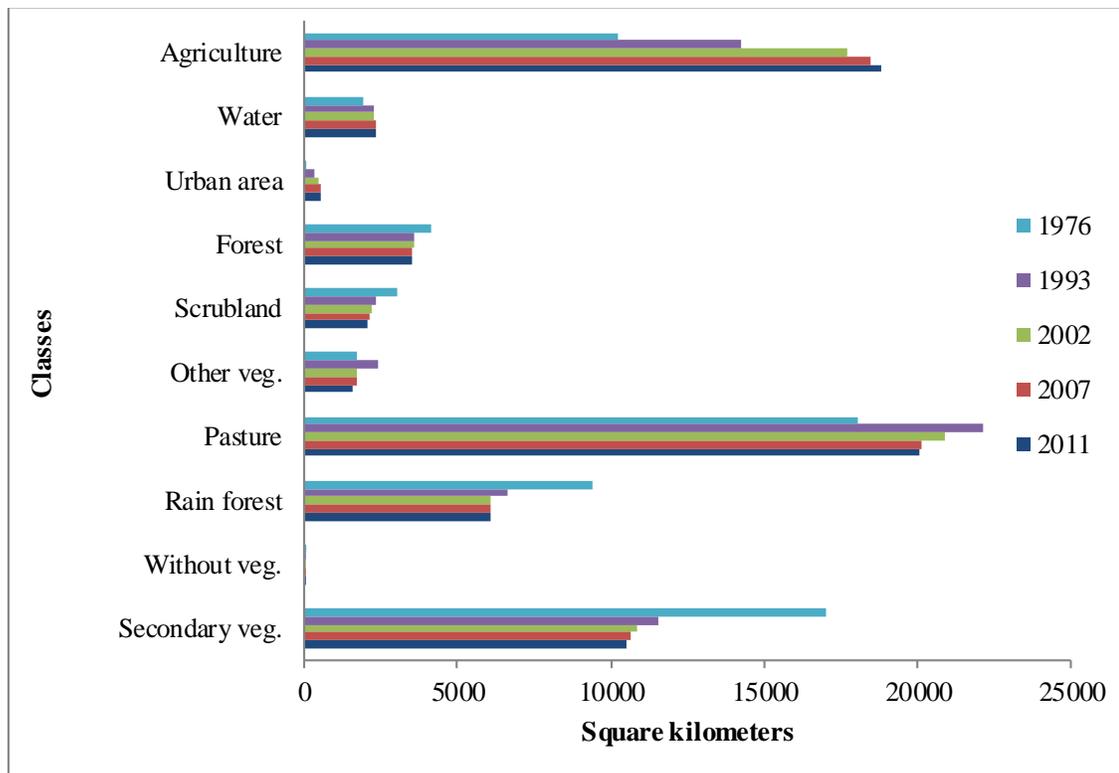
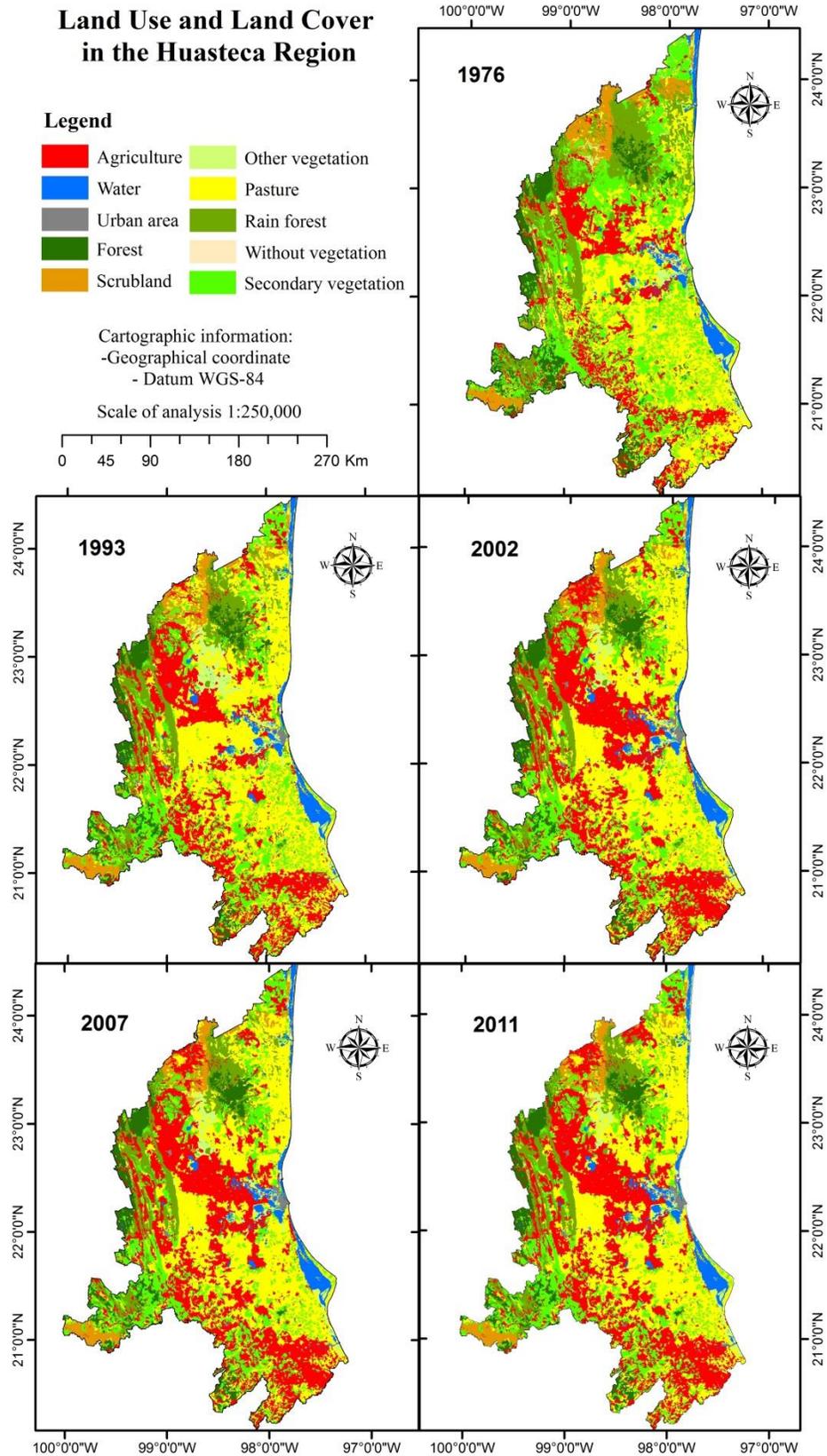


Figure 3. Quantification of the areas according to the class and the year of classification (1976, 1993, 2002, 2007, 2011).



**Figure 4. Land use and land cover in the Huasteca region (1976-2011).**

## Changes in land use and land cover

According to the calculations developed, the most reliable statistical data for the analysis of changes in land use and land cover for the years of study corresponds to data on the forest cover, while the least reliable data refers to water and urban areas which presented inconsistencies in the crossing among the dates of different years. Nonetheless, reasonable evidence of LULCC was found when crossing  $t_1-t_2$ ,  $t_2-t_3$ ,  $t_3-t_4$  and  $t_4-t_5$ , while also taking account of the particular dynamics of the ecosystems that had been analyzed.

The main changes occurred between  $t_1-t_2$  were the increase in agriculture (1.99%) as well as the high change in the deforestation rate of forest (-0.86%) and rain forests -2.01%. Here, must be noted that there were high rates of lost vegetation, and a considerable increase of the human-induced activities. Furthermore, urban areas increased by 11.82% over the same time period, while areas without vegetation increased by 56.03 km<sup>2</sup> despite the fact that their growth rate was merely 6.33% (Figure 5 and Figure 6) (Appendix 3).

Between 1993 and 2002 ( $t_2-t_3$ ), most classes of land cover and land use suffered from losses, except for agriculture,

water and urban areas. The greatest loss of forest cover was registered for the categories “other types of vegetation” (-3.78%) and “rain forest” (-1.41%), (Figure 5 and Figure 6) (Appendix 4).

Among 2002 and 2007 ( $t_3-t_4$ ), the loss and gain rates of land use and land cover were much smaller than for the previous periods. A gain could be observed for the category rain forest and other vegetation with 249.55 km<sup>2</sup> and 236.55 km<sup>2</sup> respectively. Furthermore, urban areas increased annually by 3.01%, and agriculture by 0.86%, (Figure 5 and Figure 6) (Appendix 5).

Finally, between 2007 and 2011 ( $t_4-t_5$ ) the class that suffered changes was other vegetation with a loss rate of -2.13%. In the case of the rain forest, there was a rate of deforestation of -0.05% and for forest a positive rate of 0.02%. (Figure 5 and Figure 6) (Appendix 6).

It must be noted that in the last two periods of analysis ( $t_3-t_4$  and  $t_4-t_5$ ) the deforestation rate for the main classes of forest vegetation “forest and rain forest” was decreasing. The loss of forest cover between 1976 and 2011 amounted to 1,324.9 km<sup>2</sup> for forests and 4,545.71 km<sup>2</sup> for rain forests, while the natural regeneration of non-forest covers to forest covers made up 731.11 km<sup>2</sup> for forests and 1,252.72 km<sup>2</sup> for rain forests (Appendix 3, 4, 5, 6).

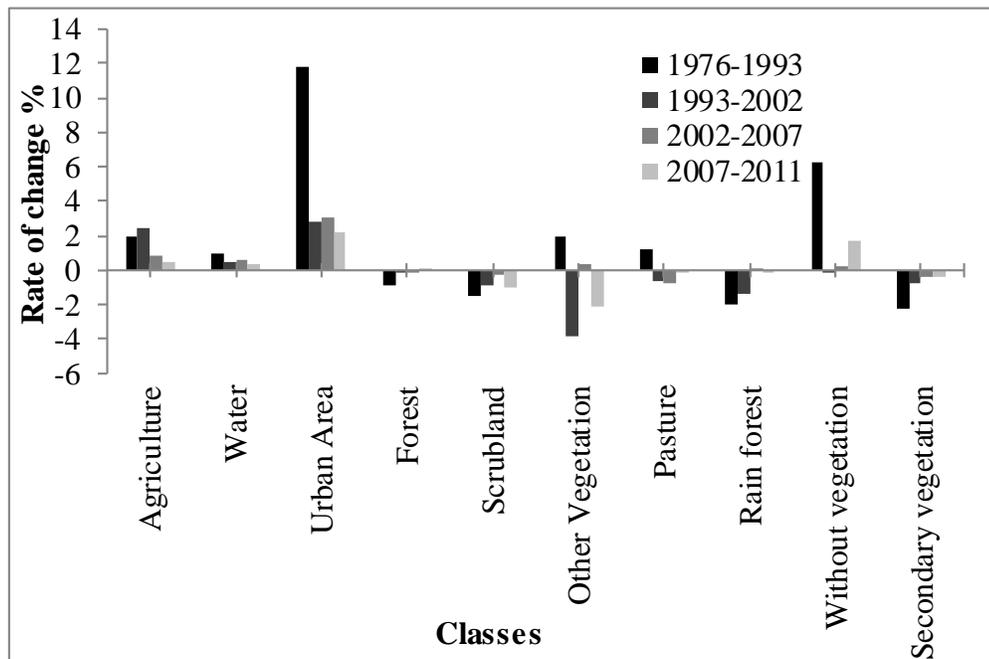


Figure 5. Annual rate of land cover and land use change in the Huasteca region in different periods.

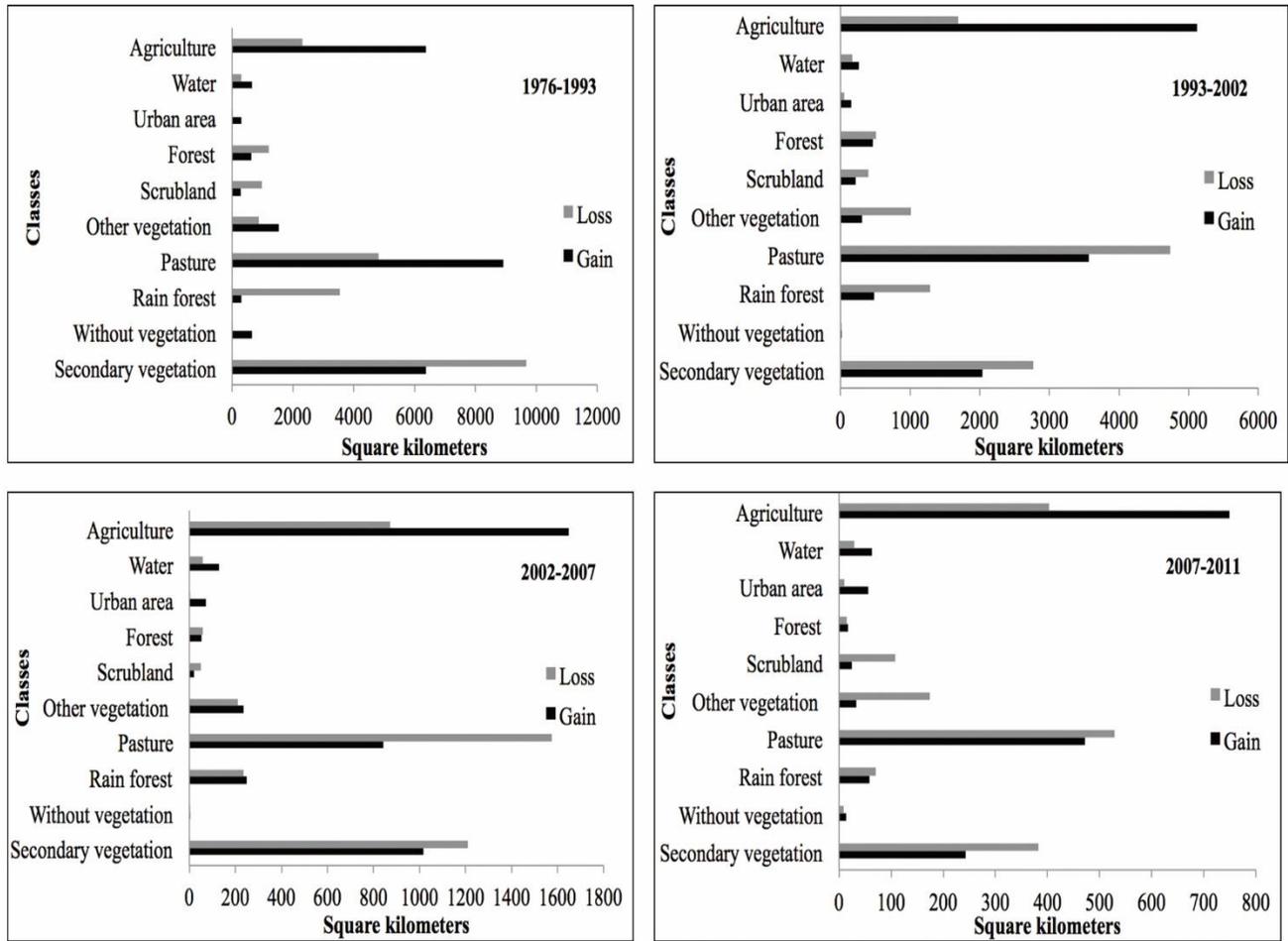


Figure 6. Loss and gain of land use and land cover in the Huasteca region in different periods.

## General changes in land cover

By crossing data from four years (1976, 1993, 2002 and 2007), it can be observed that the pressure of human-induced activities on natural land cover (forest, rain forest, other vegetation, scrubland and no vegetation) has increased its surface, translating into an increase of non-original cover (secondary vegetation, pasture and agriculture). Despite this, in 2011, the Huasteca region conserved approximately 11,022.63 km<sup>2</sup> of original land cover representing 16.78% of the surface. Furthermore, the development of total changes in land cover and land use amounted to 17.43%, or 11,446.75 km<sup>2</sup> of the Huasteca region, as shown in detail in (Table 4).

The main changes occurred with regard to natural land covers which transformed into non-original land covers, mostly in the period of time between 1976 and 1993 with 4,874.28 km<sup>2</sup>, followed by 2,474.93 km<sup>2</sup> for the period of time between 1993 and 2002, and finally 677.63 km<sup>2</sup> for the period of time between 2002 and 2011. In spite of this

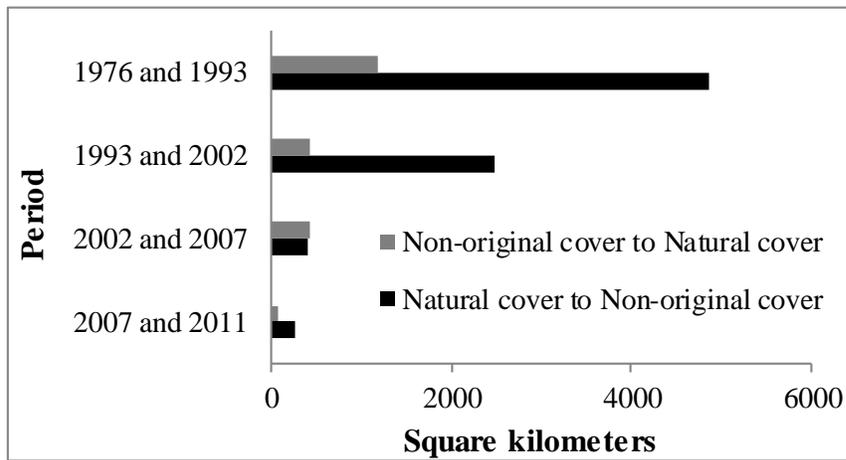
loss of natural cover, 2,122.81 km<sup>2</sup> were recovered between 1976 and 2011 taking into account only the non-original land covers (Table 5) (Figure 7 and Figure 8).

The changes from natural covers to non-original land covers represent 12.22% of the surface of the study area, and the changes of non-original land cover to natural land covers make up 3.23%. Other changes that occurred in small proportion were related to the increase and decrease of the urban area and water bodies in the different periods of analysis, and in sum they represent 1.98% (Table 5).

Finally, the data on land use and land covers shows slight imprecision with regard to the transition, which has also occurred in other studies of analysis on land cover and land use change. In this case, the error found of 543.84 km<sup>2</sup> or 0.83% refers mainly to inconsistencies with regard to the original land use classification and inconsistent changes in land use and land cover take into account the individual dynamics of ecosystems and problems of overlap.

**Table 4. Evolution of the status and changes in all the grouped and maintained covers in the years 1976, 1993, 2002, 2007 and 2011.**

<b>State of the land covers</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Natural cover maintained between 1976 and 2011	11,022.63	16.78
Non-original cover maintained between 1976 and 2011	41,143.28	62.65
Urban area maintained between 1976 and 2011	46.94	0.07
Water maintained between 1976 and 2011	1,472.40	2.24
Cover changes between 1976 and 2011	11,446.75	17.43
Error	543.84	0.83
	<b>65,675.85</b>	<b>100.00</b>

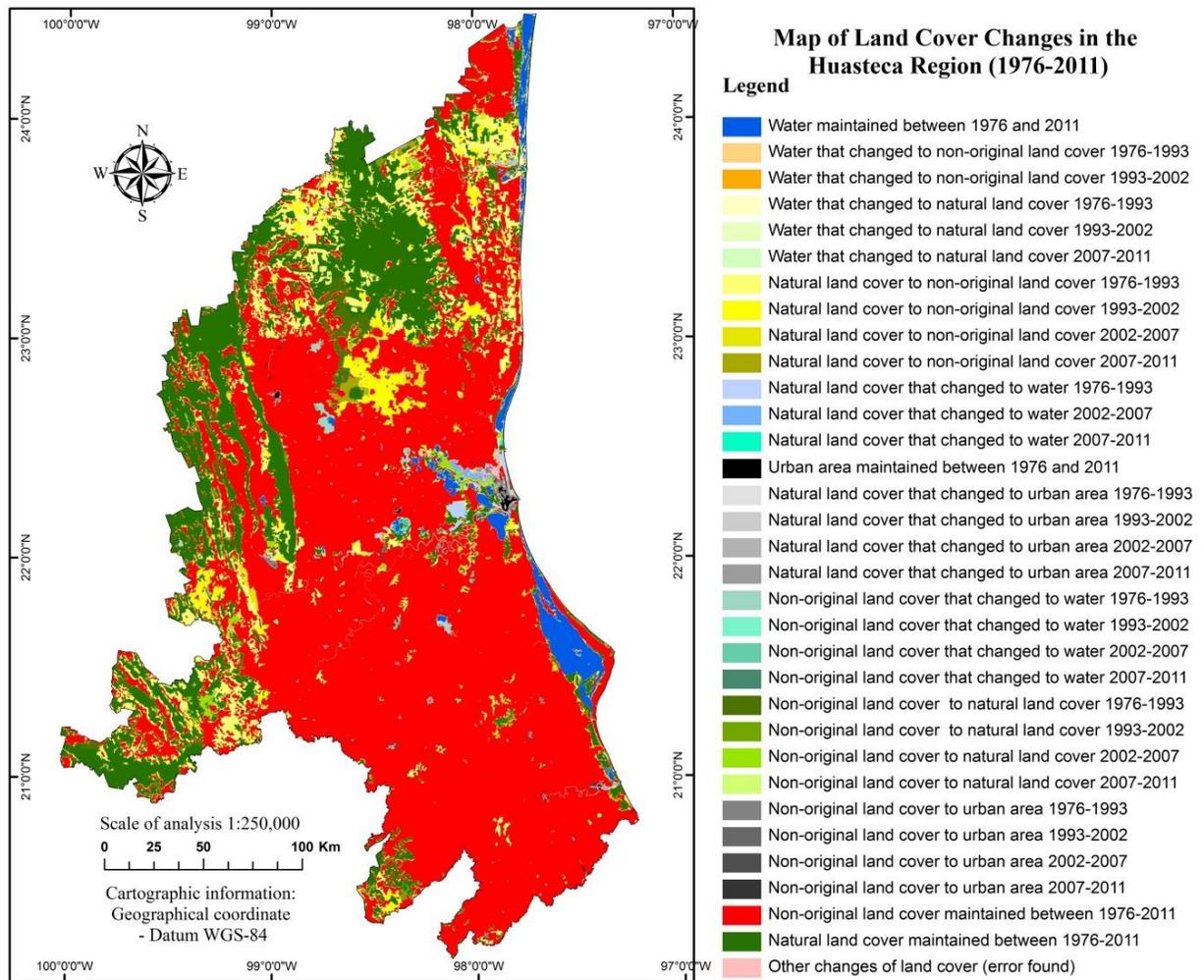


**Figure 7. Changes of non-original land cover and natural cover in the Huasteca Region between 1976 and 2011.**

**Table 5. Changes in land use and land cover of reclassified classes, years 1976, 1993, 2002, 2007 and 2011.**

<b>Changes in land covers</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Water maintained between 1976 and 2011*	1,472.40	2.24
Water that changed to non-original land cover between 1976-1993	76.24	0.12
Water that changed to non-original land cover between 1993-2002	39.27	0.06
Water that changed to natural land cover between 1976-1993	90.63	0.14
Water that changed to natural land cover between 1993-2002	40.06	0.06
Water that changed to natural land cover between 2007-2011	6.46	0.01
Natural land cover that changed to non-original land cover 1976-1993	4,874.28	7.42
Natural land cover that changed to non-original land cover 1993-2002	2,474.93	3.77
Natural land cover that changed to non-original land cover 2002-2007	402.91	0.61
Natural land cover that changed to non-original land cover 2007-2011	274.92	0.42
Natural land cover that changed to water between 1976-1993	208.18	0.32
Natural land cover that changed to water between 2002-2007	59.69	0.09
Natural land cover that changed to water between 2007-2011	46.94	0.07
Urban area maintained between 1976 and 2011*	26.32	0.04
Natural land cover that changed to urban area between 1976-1993	14.4	0.02
Natural land cover that changed to urban area between 1993-2002	18.41	0.03
Natural land cover that changed to urban area between 2002-2007	2.2	0.00
Natural land cover that changed to urban area between 2007-2011	1.5	0.00
Non-original land cover that changed to water between 1976-1993	234.14	0.36
Non-original land cover that changed to water between 1993-2002	106.01	0.16
Non-original land cover that changed to water between 2002-2007	41.56	0.06
Non-original land cover that changed to water between 2007-2011	4.53	0.01
Non-original land cover that changed to natural land cover 1976-1993	1,191.84	1.81
Non-original land cover that changed to natural land cover 1993-2002	423.15	0.64
Non-original land cover that changed to natural land cover 2002-2007	430.94	0.66
Non-original land cover that changed to natural land cover 2007-2011	76.88	0.12
Non-original land cover that changed to urban area between 1976-1993	210.42	0.32
Non-original land cover that changed to urban area between 1993-2002	6.2	0.01
Non-original land cover that changed to urban area between 2002-2007	62.93	0.10
Non-original land cover that changed to urban area between 2007-2011	47.76	0.07
Non-original land cover maintained between 1976-2011*	41,143.28	62.65
Natural land cover maintained between 1976-2011*	11,022.63	16.78
Error	543.84	0.83
	<b>65,675.85</b>	<b>100.00</b>

\* Covers without a change in land use or land cover from 1976 until the year 2011.



**Figure 8. Land covers dynamics of the grouped classes for the Huasteca Region, for the periods 1976-2011.**

## DISCUSSION

The Huasteca was a region the surface of which was covered by natural land covers with a low impact and grade of transformation in its landscapes (Instituto Nacional de Geografía, 1992a, 1992b). But over time, agricultural modernization and industrialization, the increase of livestock, and the demand for wood and wood derived products had important stake in the considerable increase of land cover types that were induced by humans (Aguilar-Robledo, 2001).

Obtained data demonstrates that for the studied years, forest cover (rain forest, forest and scrubland) in particular reduced its surface, as affirmed by Reyes et al., (2006) and Quinteros (2012).

The highest deforestation rate calculated was  $-2.01\%$  for the period 1976-1993, and it must be noted that it is higher than the general national deforestation rate for Mexico ( $-0.25$  and  $-1.02\%$ ) between 1976 and 2000 according to Velázquez et al. 2002, and ( $-0.76\%$ ) according to Mas et al., (2009). Only the state of Veracruz has a higher deforestation rate ( $-2.2\%$ ) between 1993 and 2002, and the deforestation rate is generally lower in all other states of the Mexican Republic (Céspedes-Flores and Moreno-Sánchez 2010). Likewise, in accordance with Rosete-Vergés et al. (2014), the deforestation rate for rain forest and forest in Mexico had been  $-0.41\%$  and  $-0.08\%$  respectively between 1976 and 2007, and it is lower than

our findings for the first two periods of analysis (1976-1993 and 1993-2002), but it is almost the same in the last two periods of analysis (2002-2007 and 2007-2011). In the two last periods of analysis, it was found that the forest cover reduced its deforestation rate, a tendency that was calculated for all the republic of Mexico by Mas et al., (2009).

Some of the consequences of deforestation in the Huasteca region are related to government policies. In the decade of seventies the Mexican government for instance launched the irrigation project "Pujal Coy", which caused the transformation of large areas of forests to other uses in a large part of the Huasteca. According to Reyes et al. (2006), deforestation rates reached 5% for forests and up to 11% for secondary vegetation between 1976 and 2000. Another project with similar characteristics was the National Clear Program, better known as PRONADE, between 1972 and 1983. It was a Mexican government program intended to cut a total of 24,598,797 hectares, (12% of the country) (mostly evergreen and deciduous forest) in order to convert the land into pasture for cattle (Moreno, 2011). Both projects included extensive areas of the Huasteca region (Aguiar-Robledo 1992).

Yet, until 1976 the Huasteca region conserved approximately 34.21% of its original land cover. Furthermore, the development of total changes in land cover and land use amounted to 17.43% or 11,446.75 km<sup>2</sup> of the area and the main remnant are located in the high land (Sierra Madre Oriental) of this region (16.78% or 11,022.63 km<sup>2</sup>). However, although forest remnants are located on high lands, this is not a guarantee for their conservation. Sahagún (2011) argues that between 1989 and 2005 deforestation rates for rain forest in the Sierra Madre Oriental were -0.42 % higher than the national average previously discussed. Also, Ibarra (2008) demonstrates that in the "Sierra del Abra de Tanchipa", a natural area protected in the Huasteca region was modified and deteriorated by induced-human activities between 1973 and 2005.

Based on this discussion, it needs to be emphasized that the Huasteca region is the bridge between the Nearctic and Neotropic regions rich in biodiversity, and many actions must be undertaken to conserve this area, in order to assure the survival of biodiversity, the livelihood of the people and all direct and indirect benefits and services that it provides.

## CONCLUSIONS

It can be concluded that the mapping of changes in land use and land cover for the period of study (1976-2011) using techniques of Geographic Informatics System are adequate for the evaluation and the analysis of the changes that have occurred in the Huasteca region, since they were able to identify phenomena of deforestation and losses of natural land covers.

Also, techniques of Geographic Informatics System recognize the errors in the classification of land use and land cover, product of different methodologies used in the production of the original cartography, and the error rate found regarding changes in land use was of 0.83% or 543.84 km<sup>2</sup>.

The analysis carried out based on a cross-tabulation matrix demonstrated that in particular agriculture and pasture caused the modification of the biophysical landscape of the Huasteca over the period of time from 1976 until 1993. Deforestation rates for rain forests, forests, scrublands and other types of vegetation were also higher than the national deforestation rates reported for México, even though for the period of time between 2002 and 2011 a backward trend could be observed.

The analysis which measured the land cover change (natural land cover and non-original land cover), indicated that non-original coverage increased by 8,027.04 km<sup>2</sup>, and natural land cover only recovered 2,122.81 km<sup>2</sup> in the same period of 35 years.

Furthermore, Geographical System Information showed that 62.65% (41,143.28 km<sup>2</sup>) of the surface of the Huasteca region had been modified by human activities before the year 1976, and from 1976 until 2011 changes affected 17.43% (11,446.75 km<sup>2</sup>) of the study area.

It was furthermore demonstrated that the loss of forest cover in the Huasteca between 1976 and 2011 amounted to 1,324.9 km<sup>2</sup> for forests and 4,545.71 km<sup>2</sup> for rain forests, while the natural regeneration of non-forest covers to forest covers made up 731.11 km<sup>2</sup> for forests and 1,252.72 km<sup>2</sup> for rain forests. In other words, only 33.79 % of the area affected by deforestation has been recovered by natural regeneration, and the rest has been maintained for other uses.

## REFERENCES

- Aguilar-Robledo, M. 1992. La reganaderización del Pujal-Coy 1a. y 2a. Etapa (Los avatares de un proyecto regional). pp. 56-82. En: L. Fuentes (Ed). Cambios de uso de suelo agrícola en México. Instituto de Geografía, UNAM, pp.211.
- Aguilar-Robledo, M. 2001. Ganadería, tenencia de la tierra, e impacto ambiental en la Huasteca Potosina: los años de la Colonia. En L. Hernández (Ed.). Historia ambiental de la ganadería en México. Instituto de Ecología-Institut de Recherche pour le Développement. Xalapa, pp. 9-24.
- Algara, M. 2009. Propuesta metodológica para medir el impacto del fenómeno de la sequía en la Huasteca Potosina y propuesta general de manejo. Tesis de doctorado en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, pp. 158.
- Berberoglu, S. and A. Akin. 2009. Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 46-53.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2008.06.002>
- Castillo-Santiago, M. A., A. Hellier, R. Tipper and B.H.J. De Jong. 2007. Carbon emissions from land use change: An analysis of causal factors in Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12, 1213-1235.
- <http://dx.doi.org/10.1007/s11027-006-9060-7>
- Céspedes-Flores, S. and E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de pérdida de recurso forestal y su relación con la deforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental*, 2, 5-13.
- CONABIO, 2012. Distribución de la población en México por municipio, 2010, escala: 1:250000. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.: Datos estadísticos del 2010, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Dirzo, R., & García, M. (1992). Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6, 84-90.
- Dirzo, R. and M. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6, 84-90.
- FAO, 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma: FAO, pp.154.
- Green, E. P., P. J. Mumby, A. J. Edwards and C. D. Clark. 1996. A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources. *Coastal Management*, 24, 1-40. <http://dx.doi.org/10.1080/08920759609362279>
- Ibarra Zapata, E. 2008. "Análisis Geográfico para la Conservación de la Naturaleza. Estudio de Caso Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sierra Abra de Tanchipa, Ciudad Valles y Tamuin, San Luis Potosí". Tesis de licenciatura en geografía, Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP. pp. 131.
- Instituto Nacional de Geografía, 1992a. Influencia Humana sobre el medio ambiente uno. Época precolonial, época colonial, época de porfiriato. Ciudad de México. Mapas a escala 1:8,000,000.
- Instituto Nacional de Geografía, 1992b. Influencia Humana sobre el medio ambiente dos. Época actual. Ciudad de México. Mapas a escala 1:4,000,000.
- INEGI, 2000. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación: Escala 1:250,000 (vectorial). Serie I. DGG-INEGI. México.
- INEGI, 2003. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986), escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2004. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2005. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002), escala 1:250,000 (Continuo Nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2007. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007), escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2013. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Klemas, V. 2001. Remote sensing of landscape-level coastal environmental indicators. *Environmental Management*, 27, 47-57.
- López Blanco, J. 2005. Sistemas de información geográfica en estudios de geomorfología ambiental y recursos naturales. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mas, J. F., A. Velázquez and S. Couturier. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental*, 1, 23-39.
- Márquez-Linares, M. A., E. J. Treviño and E. Jurado. 2005. Reemplazo de áreas arboladas por chaparrales y comunidades herbáceas en el período 1970-2000 en una Microcuenca de Durango, México. *Investigaciones Geográficas*, 58, 54-65.
- Miranda-Aragón, L., E. J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, M. Pompa-García and C. A. Aguirre-Salado. 2013. Tasas de deforestación en San Luis Potosí, México (1993-2007). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 2, 201-215.
- <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.06.044>
- Mittermeier, R. and C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 63-73. En: J. Sarukhán & Dirzo R. (compiladores). *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO. Ciudad de México.
- Moreno, A. 2011. Efectos ambientales del Programa Nacional de Desmonte, México, 1972-1982. Tesis de maestría en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. pp. 119.
- Niño M. and E. Victoria. 2013. Información de usos del suelo y vegetación escala 1:250,000, SERIE V (Conjunto Nacional).
- [http://langif.uaslp.mx/selper/documentos/CD\\_SELPER\\_2013/MEMORIAS\\_SELPER\\_PDF/Estudios\\_Tematicos/ID\\_008.pdf](http://langif.uaslp.mx/selper/documentos/CD_SELPER_2013/MEMORIAS_SELPER_PDF/Estudios_Tematicos/ID_008.pdf)
- Pacheco, P., E. Ormachea, P. Cronkleton, M. Albornoz, and L. Paye. 2009. Trayectorias y tendencias de la economía extractiva en el norte amazónico de Bolivia. La Paz: CIFOR-CEDLA, pp. 52.
- Peralta-Rivero, C., C. Contreras, M. G. Galindo, J. C. Torrico and V. A. Vos. 2013. Cambios de Uso del Suelo, y Proyectos Forestales MDL y REDD en Riberalta, Amazonía Boliviana. *CienciAgro*, 4, 403-420.
- Pontius, R. G., E. Shusas and M. McEachern. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, 251-268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Quinteros, J. 2012. Estudio ambiental y social comparativo del bosque húmedo en base al cambio de uso de suelo entre la Huasteca Potosina, México y la Mata Atlántica, río de Janeiro, Brasil. Tesis de maestría en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. pp. 168.
- Reyes, H., R. M. Aguilar, R. J. Aguirre y I. Trejo (2006), “Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. 1973-2000”, *Investigaciones Geográficas*, 59, 26-42.
- Ricker, M. 2010. La cobertura forestal y la problemática de la deforestación en México (pp. 1-6). Mexico City: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. <file:///J:/MARTIN%20FILES/MARTIN'S%20PDFS/PÁGINA%20AGOSTO%202010/webCoverForDefor.htm>
- Rosete-Vergés, F., J. L. Pérez-Damián And G. Bocco. 2009. Contribución al análisis de cambios de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la península de Baja California, México. *Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública*, 1, 70-82.
- Rosete-Vergés, F., J. L. Pérez-Damián, M. Villalobos-Delgado, E. N. Navarro-Salas, E. Salinas-Chávez y R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20, 21-35.
- Sahagún, F. J. 2012. Dinámica espacio-temporal de las transformaciones en la cobertura vegetal y en el cambio de uso de suelo en la sierra madre oriental de San Luis Potosí y sus efectos potenciales sobre la distribución de la avifauna. Tesis de maestría en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. pp. 178.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz, R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra, and J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 62, 21-37.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco and J. M. Melillo. 1997. “Human domination of Earth’s ecosystems”, *Science*, 277, 494-499.
- Weckmüller, R., N. C. Slovinsky e R. Vicens. 2013. Análise multitemporal como subsídio à identificação da trajetória evolutiva do uso e cobertura da terra no Corredor Ecológico do Muriqui/RJ. *Revista Brasileira de Cartografia* 65(3): 467-477.
- Zepeda, C., X. A. Nemiga, A. Lot and D. Madrigal. 2012. Análisis del cambio de uso de suelo en las ciénagas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones geográficas*, 58, 54-65.

**APPENDIX****Appendix 1. Classification and reclassification of land use and land cover classes employed in the analysis of land use and land cover changes for the Huasteca region.**

<b>Reclassification of covers</b>	<b>Original Land use and land cover classes</b>	<b>Status covers</b>
1. Agriculture	Moisture agriculture	Non-original land cover
	Irrigated agriculture	
	Seasonal agriculture	
2. Water	Water bodies	Water
	Aquaculture	Non-original land cover
3. Urban area	Urban zone	Urban area
	Human settlements	
4. Forest	Oak forest	Natural land cover
	Oak-pine forest	
	Pine forest	
	Pine-oak forest	
	Tascate forest	
5. Scrubland	Cloud forest	Natural land cover
	Crasicale scrubland	
	Microphyll scrubland	
	Short xerophitic scrunland	
	Tamaulipan thornscrub	
6. Other vegetation	Submontane scrubland	Natural land cover
	Chaparral	
	Mezquital	
	Palmar	
	Costal dunes vegetation	
	Gallery vegetation	
	Mesquite forest	
	Native palmar	
	Mangroves	
	Gallery rain forest	
	Gallery forest	
Floodable		
Halophilous vegetation		
Reed beds		

## Continuation Appendix

Reclassification of covers	Original Land use and land cover classes	Status covers
7. Pasture	Cultivated pasture	Non-original land cover
	Halophytic pasture	Natural land cover
	Induced pasture	Non-original land cover
8. Rain forest	High moist evergreen forest	Natural land cover
	High semi- evergreen forest	
	Low dry forest	
	Low thorny dry forest	
	Semi-deciduous low dry forest	
	Medium semi-deciduous forest	
9. Without vegetation	Medium semi-evergreen forest	Natural land cover
	No vegetation apparent	
10. Secondary vegetation	Cultivated forest	Non-original land cover
	Induced palmar	
	Forty five types of secondary vegetation (tree, shrub and herbaceous)	

**Appendix 2. Quantification of the areas according to class and year of classification.**

	1976	1993	2002	2007	2011	1976	1993	2002	2007	2011
Classes	km <sup>2</sup>	%	%	%	%	%				
Agriculture	10,206.76	14,265.25	17,701.80	18,477.82	18,823.19	15.54	21.72	26.95	28.13	28.66
Water	1,911.56	2,245.01	2,242.83	2,313.97	2,348.13	2.91	3.42	3.42	3.52	3.58
Urban area	51.39	351.03	438.64	508.87	555.66	0.08	0.53	0.67	0.77	0.85
Forest	4,165.14	3,598.73	3,553.75	3,548.43	3,550.75	6.34	5.48	5.41	5.40	5.41
Scrubland	3,064.50	2,360.94	2,177.06	2,148.29	2,065.26	4.67	3.59	3.31	3.27	3.14
Other vegetation	1,726.66	2,385.14	1,686.28	1,713.34	1,571.82	2.63	3.63	2.57	2.61	2.39
Pasture	18,067.40	22,169.03	20,882.93	20,148.85	20,092.07	27.51	33.76	31.80	30.68	30.59
Rain forest	9,410.23	6,665.79	6,088.87	6,102.92	6,091.66	14.33	10.15	9.27	9.29	9.28
Without vegetation	25.51	72.36	71.24	71.90	76.77	0.04	0.11	0.11	0.11	0.12
Secondary vegetation	17,046.70	11,562.57	10,832.44	10,641.45	10,500.53	25.96	17.61	16.49	16.20	15.99
	<b>65,675.85</b>	<b>65,675.85</b>	<b>65,675.85</b>	<b>65,675.85</b>	<b>65,675.85</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**Appendix 3. Cross-tabulation matrix or change matrix between t1 and t2 (data in km<sup>2</sup>).**

<b>1993</b>													
<b>1976</b>	Agriculture	Water	Urban area	Forest	Scrubland	Other vegetation	Pasture	Rain forest	Without vegetation	Secondary vegetation	Total 1976	Loss	Loss rate (%)
	Agriculture	<b>7,901.13</b>	98.60	103.12	94.48	30.49	362.92	761.07	136.26	3.65	715.04	<b>10,206.76</b>	2,305.63
Water	37.85	<b>1,602.29</b>	0.00	0.14	6.30	154.86	70.37	4.82	22.76	12.17	<b>1,911.57</b>	309.28	0.97
Urban area	0.58	1.28	<b>48.33</b>	0	0	0.31	0.87	0	0.01	0	<b>51.39</b>	3.06	11.82
Forest	168.69	0.71	1.23	<b>2,968.13</b>	27.54	9.57	166.44	138.25	0	684.60	<b>4,165.14</b>	1,197.01	-0.86
Scrubland	136.14	7.37	1.71	5.43	<b>2,077.65</b>	13.28	634.57	49.94	0	138.40	<b>3,064.50</b>	986.85	-1.52
Other vegetation	166.78	259.82	8.02	5.11	24.93	<b>843.03</b>	311.93	41.69	14.41	50.94	<b>1,726.67</b>	883.63	1.92
Pasture	2,238.15	149.35	106.30	58.48	18.91	236.94	<b>13,259.08</b>	155.47	5.11	1,839.61	<b>18,067.40</b>	4,808.32	1.21
Rain forest	684.77	25.30	9.30	187.12	62.40	50.51	1,774.82	<b>5874.45</b>	2.02	739.55	<b>9,410.23</b>	3,535.78	-2.01
Without vegetation	0	2.61	0.22	0	0	3.49	0.68	0	<b>16.34</b>	2.16	<b>25.51</b>	9.17	6.33
Secondary vegetation	2,931.15	105.61	64.87	279.85	112.72	710.22	5,189.22	264.90	8.07	<b>7,380.08</b>	<b>17,046.69</b>	9,666.61	-2.26
<b>Total 1993</b>	<b>14,265.25</b>	<b>2,252.95</b>	<b>343.09</b>	<b>3,598.73</b>	<b>2,360.94</b>	<b>2,385.14</b>	<b>22,169.03</b>	<b>6,665.79</b>	<b>72.37</b>	<b>11,562.56</b>			
<b>Gain</b>	6,364.12	650.66	294.76	630.60	283.28	1,542.11	8,909.96	791.34	56.03	4,182.48			

**Appendix 4. Cross-tabulation matrix or change matrix between t<sub>2</sub> and t<sub>3</sub> (data in km<sup>2</sup>).**

<b>2002</b>													
<b>1993</b>	Agriculture	Water	Urban area	Forest	Scrubland	Other vegetation	Pasture	Rain forest	Without vegetation	Secondary vegetation	Total 1993	Loss	Loss rate (%)
	Agriculture	<b>12,579.24</b>	49.44	45.32	67.39	41.76	81.43	807.98	154.83	0.03	437.85	<b>14,265.25</b>	1,686.01
Water	60.94	<b>2,071.78</b>	0.00	0.81	2.85	77.61	0.00	0.00	10.26	20.78	<b>2,245.01</b>	173.24	0.45
Urban area	43.30	6.81	<b>295.17</b>	0.00	0.42	2.36	0.00	0.00	0.00	2.96	<b>351.03</b>	55.85	2.85
Forest	70.40	0.80	1.32	<b>3,088.95</b>	5.91	2.75	114.60	77.81	0.00	236.19	<b>3,598.73</b>	509.78	-0.14
Scrubland	140.56	8.35	0.51	4.35	<b>1,959.26</b>	24.84	136.88	53.92	0.00	32.27	<b>2,360.94</b>	401.68	-0.90
Other vegetation	132.94	74.12	9.72	1.42	16.85	<b>1,374.88</b>	555.19	66.76	2.80	150.46	<b>2,385.14</b>	1,010.27	-3.78
Pasture	3,547.92	94.99	60.44	68.45	84.87	81.43	<b>17,436.16</b>	0.00	0.96	793.81	<b>22,169.03</b>	4,732.87	-0.60
Rain forest	232.08	9.66	13.17	199.76	35.59	14.17	420.05	<b>5,382.64</b>	1.15	357.51	<b>6,665.79</b>	1,283.15	-1.41
Without vegetation	0.00	3.43	2.05	0.00	0.00	4.72	2.43	0.00	<b>54.40</b>	5.34	<b>72.36</b>	17.96	-0.12
Secondary vegetation	894.40	17.94	24.27	122.08	29.56	22.11	1,523.69	131.24	2.02	<b>8,795.27</b>	<b>11,562.57</b>	2,767.31	-0.72
<b>Total 2002</b>	<b>17,701.79</b>	<b>2,337.30</b>	<b>451.98</b>	<b>3,553.21</b>	<b>2,177.06</b>	<b>1,686.29</b>	<b>20,996.98</b>	<b>5867.19</b>	<b>71.61</b>	<b>10,832.44</b>			
<b>Gain</b>	5,122.55	265.53	156.80	464.26	217.80	311.41	3,560.82	484.55	17.21	2,037.17			

**Appendix 5. Cross-tabulation matrix or change matrix between t<sub>3</sub> and t<sub>4</sub> (data in km<sup>2</sup>).**

2007													
2002	Agriculture	Water	Urban area	Forest	Scrubland	Other vegetation	Pasture	Rain forest	Without vegetation	Secondary vegetation	Total 2002	Loss	Loss rate (%)
	Agriculture	<b>16,829.65</b>	19.07	32.79	9.47	0.85	24.18	351.08	77.46	0.55	356.71	<b>17,701.80</b>	872.15
Water	1.16	<b>2,184.40</b>	0.00	0.00	2.22	46.30	5.81	1.55	0.14	1.26	<b>2,242.84</b>	58.44	0.63
Urban area	0.70	0.12	<b>437.41</b>	0.02	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.03	<b>438.64</b>	1.23	3.01
Forest	14.91	0.00	0.00	<b>3,496.50</b>	0.57	3.43	19.01	4.08	0.00	15.24	<b>3,553.75</b>	57.25	-0.03
Scrubland	12.60	0.11	0.45	0.53	<b>2,128.25</b>	0.82	30.71	0.03	0.00	3.56	<b>2,177.06</b>	48.82	-0.27
Other vegetation	77.09	71.71	3.02	0.00	0.11	<b>1,476.80</b>	25.51	3.83	0.68	27.54	<b>1,686.29</b>	209.49	0.32
Pasture	757.71	37.04	26.80	13.74	15.46	143.84	<b>19,306.69</b>	55.46	1.49	524.69	<b>20,882.93</b>	1,576.24	-0.71
Rain forest	64.79	0.91	0.00	22.36	0.00	0.06	58.45	<b>5,853.37</b>	0.61	88.34	<b>6,088.87</b>	235.51	0.05
Without vegetation	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	0.07	0.46	<b>67.16</b>	0.64	<b>71.24</b>	4.08	0.18
Secondary vegetation	719.22	0.51	8.39	5.82	0.83	15.12	351.16	106.68	1.28	<b>9,623.43</b>	<b>10,832.44</b>	1,209.00	-0.36
<b>Total 2007</b>	<b>18,477.93</b>	<b>2,313.87</b>	<b>508.87</b>	<b>3,548.43</b>	<b>2,148.29</b>	<b>1,713.35</b>	<b>2,0148.85</b>	<b>6,102.92</b>	<b>71.90</b>	<b>10,641.45</b>			
<b>Gain</b>	1,648.28	129.47	71.46	51.93	20.04	236.55	842.16	249.55	4.74	1,018.02			

**Appendix 6. Cross-tabulation matrix or change matrix between t<sub>4</sub> and t<sub>5</sub> (data in km<sup>2</sup>).**

2011													
2007	Agriculture	Water	Urban area	Forest	Scrubland	Other vegetation	Pasture	Rain forest	Without vegetation	Secondary vegetation	Total 2007	Loss	Loss rate (%)
	Agriculture	<b>18074.27</b>	7.39	36.92	0.66	1.51	0.07	199.59	18.70	0.16	138.55	<b>18477.82</b>	403.55
Water	7.80	<b>2284.98</b>	0.00	0.00	0.00	7.11	4.75	0.00	8.39	0.96	<b>2313.98</b>	29.00	0.37
Urban area	3.07	0.27	<b>499.34</b>	0.00	0.00	2.91	3.29	0.00	0.00	0.00	<b>508.87</b>	9.53	2.21
Forest	4.69	0.00	0.00	<b>3533.82</b>	0.17	0.00	3.51	0.36	0.00	5.89	<b>3548.43</b>	14.61	0.02
Scrubland	49.07	0.86	0.00	5.18	<b>2041.10</b>	0.00	16.20	7.45	0.00	28.43	<b>2148.29</b>	107.19	-0.98
Other vegetation	116.67	28.67	0.45	0.00	0.00	<b>1538.92</b>	17.94	9.06	0.98	0.65	<b>1713.34</b>	174.42	-2.13
Pasture	380.81	14.14	15.77	1.97	19.84	19.02	<b>19620.02</b>	16.94	2.99	57.35	<b>20148.85</b>	528.83	-0.07
Rain forest	35.57	0.16	1.84	1.89	1.18	3.73	17.42	<b>6032.89</b>	0.39	7.85	<b>6102.92</b>	70.03	-0.05
Without vegetation	0.00	5.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	<b>63.51</b>	2.48	<b>71.89</b>	8.38	1.65
Secondary vegetation	151.25	6.27	1.09	7.24	1.46	0.06	209.27	6.08	0.36	<b>10258.37</b>	<b>10641.45</b>	383.08	-0.33
<b>Total 2011</b>	<b>18823.19</b>	<b>2348.56</b>	<b>555.43</b>	<b>3550.75</b>	<b>2065.26</b>	<b>1571.81</b>	<b>20092.07</b>	<b>6091.47</b>	<b>76.77</b>	<b>10500.52</b>			
<b>Gain</b>	748.93	63.59	56.09	16.93	24.16	32.89	472.05	58.58	13.26	242.16			

## **Compost altoandino e interacción con harina de rocas y su efecto en las plantas y la fertilidad de suelos**

*Eduardo Chilon Camacho<sup>1</sup>\* y Jhoselyne Chilon Molina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Héroes del Acre N° 1850, La Paz Bolivia. E-mail: eduardochilon@gmail.com*

<sup>2</sup> *Universidad Mayor de San Andrés, Universitaria Facultad de Medicina; BIORECSA. Héroes del Acre N° 1850, La Paz Bolivia*

*\*Autor de correspondencia*

### **Resumen**

Frente al problema y reto que plantea el cambio climático global, que viene afectando seriamente a las bases productivas, particularmente a los suelos agrícolas de las comunidades indígenas y campesinas andinas de Bolivia y de los países sudamericanos, poniendo en riesgo su seguridad alimentaria y sobrevivencia; en este contexto como un aporte a las medidas de adaptación al cambio climático y en el marco de continuidad de la investigación sobre compostaje altoandino y alimento al “suelo vivo”, se realizó la presente experimentación de abonamiento orgánico con compost altoandino (CA-TB2g) y harina de rocas, bajo un enfoque que involucra el uso de recursos locales propios y una investigación científica de los efectos de dosis y mezclas sobre las plantas y suelo, seleccionando los más adecuadas para su validación y posterior transferencia a los usuarios. Los resultados del primer experimento en plántulas de maíz (*Zea mays*), establecen que los tratamientos T8 (harina de rocas dosis media x compost dosis media), T6 (Harina rocas dosis baja) y T3 (compost dosis baja) presentan un mayor efecto sobre el incremento del % materia seca de las plántulas de maíz e intensifican las reacciones químicas en el suelo, generando a corto plazo mayores cambios en el pH del suelo. Estadísticamente se estableció que el abonamiento con compost y harina de rocas, solos o en mezcla tienen un efecto positivo sobre el incremento del % materia seca de las plántulas de maíz, superando al testigo. El segundo experimento en las plántulas de cebada (*Hordeum vulgare*), verificó que los mayores valores de materia se presentan en los tratamientos T6 (compost dosis media x harina rocas dosis baja) con 72,49%, T9 (compost dosis baja x harina rocas dosis baja) con 71,78%, T14 (harina rocas dosis alta) con 69,82% y T15 (harina rocas dosis media) con 67,17%, superando a los otros tratamientos, a su vez todos los tratamientos superaron al testigo (tratamiento 10) que presentó 57,60% materia seca. Los dos experimentos verifican el rol benéfico de los microorganismos del compost y también en mezcla con la harina de rocas, sobre las plantas y la fertilidad de los suelos, a través de la generación sustancias orgánicas que solubilizan los nutrientes de la harina de rocas y del suelo, facilitando su asimilación por las plantas. Por otro lado el compost altoandino fortalecido con harina de rocas y abono orgánico líquido aeróbico, permite la biorrecuperación efectiva de suelos contaminados con hidrocarburos, por su capacidad de generación de varias enzimas responsables de la biorrecuperación de suelos contaminados, el proceso de biorremediación puede ser evaluado y controlado con una técnica cromatográfica adaptada. Estos resultados producto de varios años de investigación, están permitiendo pasar de la etapa de investigación a la de ofertar servicios de biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, a través de la empresa BIORECSA-BOLIVIA.

**Palabras claves:** Compost, abonamiento con harina de rocas, abonamiento orgánico, microorganismos del suelo, biorremediación de suelos, producción ecológica, reducción de riegos del cambio climático, adaptación al cambio climático.

## ABSTRACT

Face the problem and challenge posed by global climate change, which is seriously affecting the productive bases, particularly to agricultural soils of the indigenous and peasant communities Andean Bolivia and South American countries, jeopardizing their food security and survival; in this context as a contribution to measures of adaptation to climate change and in the context of continuity of research on Andean and food composting to "living soil", was carried out this experimentation with organic composting with composting Andean (AC-TB2g) and flour of rocks, under an approach that involves the use of local resources and scientific research of the effects of dose and over the plants and soil mixtures selecting the most suitable for its validation and subsequent transfer to the users. The results of the first experiment in seedlings of maize (*Zea mays*), establish that the treatments (rocks x compost medium dose average dose flour) T8, T6 (flour rocks low dose) and T3 (low dose compost) have a greater effect on the increase of the % dry matter of seedlings of corn and intensify chemical reactions in the soil, creating short-term changes in the pH of the soil. Statistically established the composting with compost and rock flour, alone or in mixture to have a positive effect on the increase in the % dry matter of seedlings of corn, exceeding the witness. The second experiment in barley seedlings (*Hordeum vulgare*), verified that the highest values of matter occur in T6 (compost x flour rocks low dose average dose) treatments with 72.49%, T9 (compost low dose x flour rocks low dose) with 71.78%, (flour rocks high 69.82% dose) T14 and T15 (flour rocks medium dose) with 67.17%, beating the other treatments, at the same time all treatments exceeded the witness (treatment 10) who presented 57.60% dry matter. The two experiments verify the beneficial role of the microorganisms in the compost and mix with the flour of rocks, plants and the fertility of the soil, through the generation organic substances which solubilize the nutrients of flour of rocks and soil, facilitating their assimilation by plants. On the other hand the compost high Andean strengthened with rocks and aerobic liquid organic fertilizer, flour allows the effective biorrecuperación of soils contaminated with hydrocarbons, by its generation capacity of several enzymes responsible for the biorrecuperación of contaminated soil, the bioremediation process can be evaluated and controlled with a chromatographic technique adapted. These results product of several years of research, are allowing research stage to the offer of services of biorrecuperación of soils contaminated with hydrocarbons, through the company BIORECSA -BOLIVIA.

**Keywords:** Compost, composting with rock flour, organic composting, soil microorganisms, bioremediation of soils, organic production, reduce risks of climate change, adaptation to climate change.

## INTRODUCCION

Dando continuidad al estudio sobre el compostaje altoandino y alimento al "suelo vivo", como alternativa en la conservación y recuperación de la fertilidad del suelo frente al cambio climático, y a la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos; el presente estudio que corresponde a la cuarta fase, propone estudiar el efecto del compost altoandino, la harina de rocas y la mezcla de esto dos abonos sobre el crecimiento y desarrollo de plantas y sobre las propiedades del suelo, tomando como fuentes de investigación los aportes de los métodos convencionales de compostaje y del uso de la harina de rocas y aquellos de la tradición milenaria de nuestros pueblos altoandinos que desde las épocas más remotas revelan su carácter esencialmente agrícola y pecuario, con su constante preocupación por el cuidado y alimento del suelo, frente a los riegos del cambio climático y la contaminación ambiental.

El abonamiento con harina de rocas tiene sus antecedentes históricos en nuestras culturas ancestrales amerindias, que lo habrían utilizado desde hace más de 500 años; en Europa Hensel, J. (1984) dio a conocer los efectos benéficos sobre el suelo y las plantas del abonamiento con polvo de rocas; recientemente Waver, D. (2011) en su libro "La resurrección de la civilización", explica la importancia climática de la reposición de los nutrientes minerales, considerando fuentes naturales. El compostaje altoandino y sus variantes en mezcla de compost con la harina de rocas, ofrece abonos orgánicos fortalecidos que favorecen la nutrición y el crecimiento y desarrollo de las plantas, y el mejoramiento de la fertilidad de los suelos

El compostaje es una práctica, que se realiza desde tiempos remotos en muchos lugares del mundo, en el caso de la zona altoandina de Bolivia, se presentan cuestiones que no están

definitivamente resueltas que tienen que ver con el excesivo tiempo de obtención del compost y con su calidad. Por otro lado también se presentan cuestiones hasta ahora no resueltas por científicos e investigadores del mundo moderno; por ejemplo el texto *Sciences and Engineering of Composting* (1992), consigna la preocupación del profesor Stentiford (Universidad de Leeds) quien manifiesta que "...en relación con los sistemas de compostaje, es que después de 60 años de investigación, todavía somos incapaces de especificar las condiciones de operación de la planta que conduzcan al producto final deseado...".

La investigación sobre el compostaje altoandino, y su efecto sobre los cultivos, sobre las propiedades del suelo, y sobre la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, realizada durante varios años en Bolivia, tiene ya las respuestas o gran parte de ellas, a las cuestiones planteadas por la comunidad de productores y técnicos de Bolivia y a aquellas cuestiones no resueltas por científicos e investigadores del mundo; los resultados se están sistematizando como parte de un investigación de doctorado y que se presentará oportunamente a la comunidad científica.

## DEFINICIONES Y CONCEPTO

El desarrollo y continuidad del proyecto de investigación-acción sobre el compostaje altoandino y sus variantes incluyendo la harina de rocas, involucrando a los productores de las comunidades indígenas y campesinas, y a los recursos humanos en formación de nuestras Universidades de Bolivia, han posibilitado desarrollar y ampliar las definiciones relacionadas con el compostaje andino. (Chilon, E. 1997, 2010, 2011, 2013; Cortez, J. 1998; Sotomayor, C. 2000; Noriega, Y. 2001; Parra, N. 2003, Ramírez, R. 20012; Ruíz, M. 2012; Chilon, J. 2014; Toro, F. 2014.)

**Alimento orgánico del suelo:** Se define como el suministro de abonos orgánicos de alta calidad previamente elaborados y tratados, en cantidades requeridas según el tipo de suelo y cultivo, practicándose desde épocas precolombinas, con un efecto benéfico en la mejora, formación y estabilización de los agregados del suelo, en el incremento de la capacidad retentiva de humedad, en el suministro de energía y nutrientes a los microorganismos, en la producción sostenible de alimentos de calidad y en la protección del suelo

contra la erosión y los efectos del cambio climático global.

**El Compost:** Es un abono orgánico pre-humificado, resultante de la descomposición y transformación biológica aeróbica, de los residuos orgánicos de origen vegetal (rastros de cosechas y malezas) y residuos de origen animal (estiércol fresco y/o almacenado), con la aplicación de ceniza y un manejo apropiado de la humedad y la aireación, con volteos adecuados para facilitar el trabajo de los microorganismos. El producto final es un compost rico en nutrientes, vitaminas, hormonas y sustancias mucilaginosas que son asimilados paulatinamente por las plantas, lo que garantiza buenas cosechas, y el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

**Compostaje altoandino:** Es una técnica de elaboración de compost, en ambientes altoandinos cercanos a los 4.000 metros sobre nivel del mar, con la utilización de materiales locales rastros de cosecha, paja de cereales, estiércol de bovinos, ovinos y camélidos, ceniza de fogón, y la aplicación de activadores biológicos locales como fermentos de quinua, tarwi y maíz, yogurt, leche y levadura, con el manejo adecuado de la humedad, aireación, temperatura y el pH, con la obtención del compost final en un tiempo de 1.5 a 2 meses.

**Compost CA-TB1g:** Compost correspondiente a la primera generación de compostaje altoandino, realizado con métodos convencionales en comunidades indígenas y campesinas de los municipios de Tiahuanaco, Charazani, Curva, Mocomoco y otras comunidades, durante el período 1997-2007; CA-TB1g significa Compost altoandino Tiahuanaco-Bolivia 1º generación.

**Compost CA-TB2g:** Compost correspondiente a la segunda generación período 2008-2012, y es un compost altoandino elaborado con una técnica estandarizada, con el uso de activadores biológicos locales (ABL) y en proceso de transferencia masiva a las comunidades campesinas. CA-TB2g significa Compost Altoandino-Tiahuanaco Bolivia 2º generación. Se obtiene a partir del compost CA-TB1g.

**Compost CAF-B3g:** Compost correspondiente a la tercera generación período 2013-2014, y es el compost altoandino fortalecido, elaborado con una técnica estandarizada, con el uso de activadores biológicos locales (ABL), y enriquecido con harina de rocas, con potencial para la recuperación y conservación de la fertilidad de suelos agrícolas.

CAF-B3g significa Compost Altoandino Enriquecido-Bolivia 3° generación.

**Abono orgánico fortificado (BIOAF):** Es una variante del compost CAF-B3g, que se obtiene enriqueciéndolo con abonos orgánicos líquidos aeróbicos; los microorganismos presentes en el BIOAF compost generan enzimas y compuestos orgánicos poderosos, con alto potencial para la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos y la recuperación y conservación de la fertilidad de suelos agrícolas.

**Activadores biológicos locales (ABL):** Sustancias orgánicas obtenidas de la fermentación o chicha de quinua, tarwi, maíz y otros cultivos andinos con un contenido proteico significativo, que aportan microorganismos para el proceso de compostación, activando a los microorganismos nativos presentes en el material inicial, que son los responsables del proceso de descomposición y obtención del compost.

**Activadores biológicos convencionales (ABC):** Sustancias resultantes del procesamiento de la leche caso yogurt, suero de leche, y también del aislamiento de microorganismos de levadura, que coadyuvan al proceso de compostación.

**Abono orgánico líquido aeróbico (BIOAL):** Es un abono orgánico líquido obtenido por métodos aeróbicos, a partir de compost y humus de lombriz en un medio líquido con flujo de oxigenación, que al procesarse genera hormonas, vitaminas y ácidos orgánicos húmicos y fúlvicos, que estimulan y refuerzan la actividad biológica del compost; también se puede utilizar directamente como abono foliar o aplicarse al suelo junto con el riego por aspersión.

**Abono natural regulador del pH (ANPRES):** Es un producto compuesto por materiales naturales semi-sólidos, que permiten regular el pH del compost o de los suelos contaminados y en tratamiento de biorrecuperación.

**Fases térmicas del compostaje altoandino:** El proceso del compostaje altoandino presenta cuatro fases o momentos de diferente duración y comportamiento termodinámico, una fase inicial de corta duración, seguido de una fase muy activa con altos valores de temperatura, luego una fase de maduración de mayor duración con disminución gradual de la temperatura, y la fase terminal del compostaje (Chilon, E. 2010; Ramírez, R. 2012; Toro, F. 2014)

**Composición del compost:** El compost altoandino está compuesto por una amplia

variedad de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos, algas, protozoos y otros organismos que generan enzimas, vitaminas, hormonas, sustancias mucilaginosas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos que favorecen la formación de agregados del suelo y el crecimiento y desarrollo de las plantas, y también una buena provisión de nutrientes disponibles para las plantas como nitrógeno, fósforo, potasio, y quelatos de Hierro, Cobre, Zinc, Molibdeno, boro y otros nutrientes.

**Microorganismos del compost:** Un gramo de compost contiene más de 200 millones de microorganismos entre bacterias, hongos, algas verde-azules, actinomicetos, protozoarios, amebas y otros, siendo responsables de los procesos de humificación, de mineralización, de los ciclos de los nutrientes, y la síntesis de hormonas, vitaminas, sustancias mucilaginosas, ácidos orgánicos que favorecen el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la fertilidad de los suelos agrícolas.

**Suelo vivo:** Es un cuerpo natural e independiente, tridimensional y trifásico, complejo y dinámico, que está en perfecto equilibrio, que reacciona a los estímulos como un “ente vivo”, que nace, crece, desarrolla y puede morir, por su fragilidad merece respeto. El suelo que se origina de la roca “madre” que promueve el proceso geológico por acción de los agentes climáticos, y gracias a los microorganismos adquiere “vida” y llega a ser un cuerpo “vivo”. Por lo tanto el fundamento para recuperar los suelos productivos degradados y contaminados, consiste en regenerar la vida biológica del suelo. (Chilon, E. 1997)

**Alimento al suelo vivo:** Alimentar al “suelo vivo” es aplicar abonos orgánicos pre-humificados, elaborados cuidadosamente, caso del compost, en dosis adecuadas y al fondo del surco al momento de la siembra. El respeto al suelo vivo se manifiesta en alimentarlo con abonos orgánicos previamente elaborados y bien “cocidos” o preparados y no con estiércol fresco, estiércol seco o materiales contaminados.

**Harina de rocas:** La harina de rocas es un abono natural proveniente de las rocas, que convertidas en polvo y aplicado al suelo agrícola posibilita la reposición de nutrientes y la mejora de su actividad microbiológica. La harina de rocas, se elabora mediante un procedimiento que preserva las energías inherentes del polvo o harina natural nutritiva, a partir de la molienda de rocas ígneas graníticas, basaltos, andesitas, rocas sedimentarias, fosforita, caliza y rocas

metamórficas, pizarra y esquistos. (Chilon, E. 2006)

**Alimento al suelo con harina de rocas:** Alimentar al “suelo vivo” con harina de rocas es abonarlo mediante su preparación y dosis técnicas de acuerdo al tipo de cultivo y características del suelo, se aplica al momento de la siembra al fondo del surco o por golpes; cuando la harina de rocas se aplica junto al compost, se obtienen mejores resultados porque se posibilita la reposición de nutrientes del suelo y por su variedad de componentes nutritivos, hacen surgir una amplia gama de diferentes microorganismos que vigorizan la “vida del suelo” y favorecen el crecimiento y desarrollo de los cultivos. (Chilon, E. 2006)

**Biorremediación de suelos contaminados, utilizando compost altoandino y sus variantes:<sup>1</sup>** Es el proceso biológico de recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, con la aplicación del compost altoandino y sus variantes que favorece la intervención y la acción de los microorganismos y enzimas presentes en el compost, con un método técnico-científico patentado, bajo condiciones controladas y un manejo adecuado de la humedad, la regulación del pH, la aireación y el reforzamiento biológico con abonos orgánicos líquidos aeróbicos.

**Cromatografía de suelos y de abonos orgánicos:** Es un método adaptado de la técnica de Pfeifer, que posibilita diagnosticar el estado de descomposición de la materia orgánica, y la actividad de los microorganismos del suelo. Así mismo la cromatografía facilita el seguimiento y control de la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos.

## UBICACIÓN DE LA ZONA EXPERIMENTAL

La presente investigación, se realizó en los ambientes de la materia de Fertilidad de suelos, en el Centro Experimental de Cota Cota, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, Zona Cota Cota del Municipio de

La Paz, Provincia Murillo, Dpto. La Paz-Bolivia; El Centro Experimental está ubicado a 3445 msnm, a 16°32'44" Latitud Sur y 68°03'44" Longitud Oeste, que en condiciones normales presenta temperaturas promedio de 12°C y mínimas de -0.6°C y una precipitación promedio de 488.53 mm/año. En la investigación participaron los estudiantes de la materia de Fertilidad de Suelos de la Facultad de Agronomía UMSA.

## METODOLOGIA

La investigación se realizó con la implementación de dos experimentos:

- El 1° experimento se efectivizó durante los meses de marzo a julio del año 2013, con el abonamiento de compost altoandino y harina de rocas en plántulas de maíz (*Zea mays*) en macetas, con un diseño estadístico completamente al azar, con 10 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales. Evaluándose el efecto del abonamiento y sus interacciones en las plántulas de maíz, sobre el peso verde, peso seco, altura de planta y el % de materia seca; en el suelo se determinó el efecto sobre la reacción o pH, conductividad eléctrica y la densidad aparente. En el cuadro 1 se presenta las características de los tratamientos.
- El 2° experimento se realizó durante los meses de septiembre 2013 a febrero 2014, con el abonamiento de compost altoandino y harina de rocas en plántulas de cebada (*Hordeum vulgare*) en macetas, aplicando el diseño estadístico completamente al azar, con 16 tratamientos y 6 repeticiones, con un total de 96 unidades experimentales. En las plántulas de cebada se evaluó el efecto del abonamiento y sus interacciones sobre el peso verde, peso seco, altura de planta y el % de materia seca; en el suelo se determinó el efecto sobre la reacción o pH, la conductividad eléctrica y la densidad aparente. En el cuadro 2 se presenta las características de los tratamientos del 2° experimento.

---

<sup>1</sup> Los estudios realizados durante varios años, del efecto del compost CA-TB2g, CAF-B3g y sus variantes caso del BIOAF, en la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, ha permitido lograr la dosis, proporciones y la metodología adecuada; lo que ha impulsado pasar de la investigación a la etapa de ofertar servicios de biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, a través de la empresa BIORECSA-BOLIVIA (biorecsa.emp@gmail.com).

**Cuadro 1: Tratamientos experimento de abonamiento en plántulas de maíz**

<b>Tratamientos</b>	<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>
T <sub>1</sub>	CDA	Compost dosis alta
T <sub>2</sub>	CDM	Compost dosis media
T <sub>3</sub>	CDB	Compost dosis baja
T <sub>4</sub>	HRA	Harina de rocas dosis alta
T <sub>5</sub>	HRM	Harina de rocas dosis media
T <sub>6</sub>	HRB	Harina de rocas dosis baja
T <sub>7</sub>	CDA x HRM	Compost dosis alta x Harina de rocas dosis media
T <sub>8</sub>	CDM x HRM	Compost dosis media x Harina de rocas dosis media
T <sub>9</sub>	CDB x HRB	Compost dosis baja x Harina de rocas dosis media
T <sub>10</sub>	TE	Testigo

**Cuadro 2: Tratamientos experimento de abonamiento en plántulas de cebada**

<b>Tratamientos</b>	<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>
T <sub>1</sub>	CDA x HRA	Compost dosis alta x Harina rocas dosis alta
T <sub>2</sub>	CDA x HRM	Compost dosis alta x Harina rocas dosis media
T <sub>3</sub>	CDA x HRB	Compost dosis alta x Harina rocas dosis baja
T <sub>4</sub>	CDM x HRA	Compost dosis media x Harina rocas dosis alta
T <sub>5</sub>	CDM x HRM	Compost dosis media x Harina rocas dosis media
T <sub>6</sub>	CDM x HRB	Compost dosis media x Harina rocas dosis baja
T <sub>7</sub>	CDB x HRA	Compost dosis baja x Harina rocas dosis alta
T <sub>8</sub>	CDB x HRM	Compost dosis baja x Harina rocas dosis media
T <sub>9</sub>	CDB x HRB	Compost dosis baja x Harina rocas dosis baja
T <sub>10</sub>	TEE	Testigo
T <sub>11</sub>	CDA	Compost dosis alta
T <sub>12</sub>	CDM	Compost dosis media
T <sub>13</sub>	CDB	Compost dosis baja
T <sub>14</sub>	HRA	Harina rocas dosis alta
T <sub>15</sub>	HRM	Harina rocas dosis media
T <sub>16</sub>	HRB	Harina rocas dosis baja

## RESULTADOS

### Resultados del 1º experimento abonamiento compost y harina de rocas en plántulas de maíz (período marzo – julio 2013)

En el cuadro 3, se presenta los valores promedio del efecto del abonamiento sobre las plántulas de maíz (*Zea mays*), observándose que el tratamiento T8 (compost dosis media x harina rocas dosis media) presenta el mayor valor de materia seca con 86,22%, superando a los otros tratamientos, a su vez todos ellos superan al testigo que presenta 81,69% materia seca (gráfico 1). Comparando los tratamientos de compost y harina de rocas, se verifica que el tratamiento T6 (harina rocas dosis baja) con 86,14% y el T3 (compost dosis baja) con 86,04% materia seca superan a los otros tratamientos. Estos resultados establecen que los tratamientos T8 (compost dosis media x harina de rocas dosis media), T6 (Harina rocas dosis baja) y T3 (compost dosis baja) presentan un mejor efecto sobre el incremento del % materia seca de las plántulas de maíz.

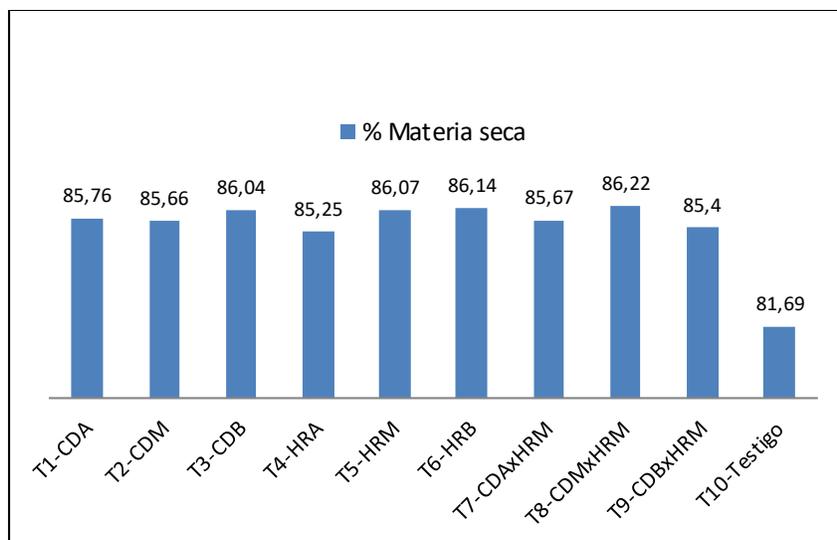
Por otro lado, el tratamiento T9 (compost dosis baja x harina rocas dosis media) presenta el mayor valor

en las variables peso fresco/planta, peso seco/planta y altura de planta, con 54,9 gr peso verde/planta, 8,02 gr peso seco/planta, y 75,50 cm altura/planta respectivamente, lo que indica un mejor efecto del tratamiento T9 (compost dosis baja x harina rocas dosis media) sobre el peso verde, peso seco y altura de planta, explicado por la interacción de la mezcla de compost y harina de rocas, que posibilitó la acción enzimática de los microorganismos presentes en el compost en la solubilización de los nutrientes de la harina de rocas.

Sobre los efectos en el suelo, se registró un incremento del pH en todos los tratamientos en comparación al testigo (pH: 7,5 calificado como ligeramente básico), siendo mayor en los tratamientos con compost, guardando relación con las características químicas básicas del abono orgánico; el menor incremento del pH ocurrió en los tratamientos con harina de rocas, posiblemente por el corto tiempo de reacción en el suelo, lo que indica que estos resultados reflejan un efecto a corto plazo. Sobre la conductividad eléctrica en todos los tratamientos se presenta un ligero incremento, pero sin llegar a un nivel de riesgo, manteniéndose la condición de ligera salinidad, lo que indica que tanto el compost como la harina de rocas no generan riesgos de salinidad.

**Cuadro 3: Promedios del efecto de abonamiento compost y harina de rocas sobre plántulas de maíz (*Zea mays*) y sobre el suelo**

TRATAMIENTOS	PROMEDIO EFECTOS ABONAMIENTO SOBRE PLANTULAS DE MAIZ ( <i>Zea mays</i> )				PROMEDIO EFECTOS SOBRE EL SUELO	
	Peso verde gr/planta	Peso seco gr/planta	Altura planta (cm)	% Materia seca	pH	C. Eléctrica dSm
T1 CDA (Compost dosis alta)	25,45	3,60	61,00	85,76	8,54	444,1
T2 CDM (Compost dosis media)	24,49	3,46	62,25	85,66	8,39	437,6
T3 CDB (Compost dosis baja)	46,18	6,34	70,75	86,04	8,24	392,8
T4 HRA (Harina rocas dosis alta)	24,72	4,41	72,50	85,25	7,61	223,0
T5 HRM (Harina rocas dosis media)	40,56	5,49	73,25	86,07	7,64	212,8
T6 HRB (Harina rocas dosis baja)	28,64	3,92	68,50	86,14	7,75	285,6
T7 CDA x HRM (Compost dosis alta x Harina rocas dosis media)	25,20	3,60	67,00	85,67	8,41	309,8
T8 CDM x HRM (Compost dosis media x Harina rocas dosis media)	32,18	4,43	62,00	86,22	7,94	286,8
T9 CDB x HRM (Compost dosis baja x Harina rocas dosis media)	54,90	8,02	75,50	85,40	7,99	233,7
TE (Testigo)	37,56	6,75	59,00	81,69	7,50	210,2



**Gráfico 1. Efecto de abonamiento sobre % Materia seca de plántulas de maíz**

En este experimento se comprobó el efecto benéfico del compost y de la mezcla compost-harina de rocas sobre las propiedades físicas del suelo, pero en menor medida de la harina de rocas, sin embargo ambos tratamientos superaron al testigo. El efecto más notorio es en la densidad aparente y la porosidad, evidenciándose que a mayor cantidad de compost aplicado mayores es el efecto benéfico sobre el suelo.

En el cuadro 4, se muestra el análisis de varianza de los efectos del abonamiento con compost y la harina de rocas, sobre las plántulas de maíz y sobre él

suelo, observándose que las variables % de materia seca de plántulas de maíz y pH del suelo, presentan diferencias estadísticas altamente significativas; las variables peso verde, peso seco y altura de plántulas de maíz, y la variable conductividad eléctrica en el suelo no presentan diferencias significativas. En todos los casos los coeficientes de variabilidad están en los rangos aceptables. Es tos resultados, establece que a corto plazo hay un efecto diferenciado del compost, la harina de rocas y la

mezcla compost y harina de rocas, sobre las plántulas de maíz y sobre el suelo.

En el cuadro 5, se presenta la prueba múltiple de Duncan para % materia seca de las plántulas de maíz, observándose que todos los tratamientos de abonamiento orgánico y sus interacciones son estadísticamente superiores al testigo. De acuerdo a los promedios, destacan los tratamientos T8 (Compost dosis media x Harina de rocas dosis media) con 86,22% materia seca, T6 (Harina de rocas dosis baja) con 86.14%, T5 (Harina de rocas dosis media) con 86.07% y el Tratamiento T3 (compost dosis baja) con 86.04% materia seca, superando a los otros tratamientos, a su vez todos ellos son superiores al testigo que presentó 81.69% de materia seca. Estableciéndose que el abonamiento con compost y la harina de rocas, solos o en mezcla tienen un efecto positivo sobre el incremento del % materia seca de las plántulas de maíz.

**Cuadro 4. ANVA tratamientos cuadrados medios y significancia de efectos sobre plántulas de maíz (*Zea mays*) y sobre el suelo**

Fuentes de Variación	Grados Libertad	Efectos sobre plantas de maíz				Efectos sobre el suelo	
		Peso verde	Peso seco	Altura planta	% Mat. Seca	pH	Cond. Electr.
Tratamientos	9	0,3198 NS	0,4532 NS	135,6138 NS	7,1603 **	0,5683 **	0,2267 NS
Error	30	0,2545	0,2713	158,5083	1,2467	0,0699	0,2593
Total	39						
C.V.		14,81	24,10	18,74	1,30	3,30	9,13

(NS): No significativo

(\*): Significativo

(\*\*): Altamente significativo

**Cuadro 5. Prueba de DUNCAN % Materia Seca plántulas de maíz**

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	DUNCAN (0.05)
T <sub>8</sub> (CDM x HRM)	86,22	A
T <sub>6</sub> (HRB)	86,14	A
T <sub>5</sub> (HRM)	86,07	A
T <sub>3</sub> (CDB)	86,04	A
T <sub>1</sub> (CDA)	85,76	A
T <sub>7</sub> (CDA x HRM)	85,67	A
T <sub>2</sub> (CDM)	85,66	A
T <sub>9</sub> (CDB x HRM)	85,40	A
T <sub>4</sub> (HRA)	85,25	A
TE (Testigo)	81,69	B

La prueba múltiple de Duncan para el pH del suelo, se presenta en el cuadro 6, verificándose que el testigo (ligeramente alcalino) estadísticamente supera a los otros tratamientos que presentan una tendencia a incrementar el valor del pH. Luego se observan tres grupos estadísticamente similares entre sí, el primer grupo conformado por los tratamientos de abonamiento con harina de rocas T<sub>4</sub> (harina rocas dosis alta) con pH 7.61, T<sub>5</sub> (harina rocas dosis media) con pH 7.64 y T<sub>6</sub> (harina rocas dosis baja) con pH 7.75, presentan una ligera variación del pH del suelo; el segundo grupo conformado por los tratamientos T<sub>8</sub> (compost dosis media x harina rocas dosis media) con pH 7.94 y tratamiento T<sub>9</sub> (compost dosis baja x harina de

rocas dosis media) con pH 7.99, presentan un mediano incremento del pH pasando al rango moderadamente alcalino, lo que verifica una moderada reacción posiblemente por acción biológica de la materia orgánica; los tratamientos del tercer grupo conformado por los tratamientos T<sub>3</sub> (compost dosis baja) con pH 8.24, tratamiento T<sub>2</sub> (compost dosis media) con pH 8.39, tratamiento T<sub>7</sub> (compost dosis baja x harina rocas dosis media) con pH 8.41 que se mantienen en el rango de moderadamente alcalino y el tratamiento T<sub>1</sub> (compost dosis alta) con pH 8.54 que está en el rango fuertemente alcalino, evidenciándose que el compost solo o en mezcla intensifican las reacciones químicas en el suelo.

**Cuadro 6. Prueba de DUNCAN sobre pH del suelo**

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	DUNCAN (0.05)
TE (Testigo)	7,50	A
T4 (HRA)	7,61	A B
T5 (HRM)	7,64	A B
T6 (HRB)	7,75	A B
T8 (CDM x HRM)	7,94	B C
T9 (CDB x HRM)	7,99	B C
T3 (CDB)	8,24	C D
T2 (CDM)	8,39	D
T7 (CDA x HRM)	8,41	D
T1 (CDA)	8,54	D

### Resultados del 2° experimento abonamiento compost y harina de rocas en plántulas de cebada (septiembre 2103-febrero 2014)

El segundo experimento se realizó durante los meses de septiembre 2013 a febrero 2014, evaluándose el efecto del abonamiento con compost y harina de rocas, sobre plántulas de cebada (*Horedum vulgare*) y sobre el suelo; en el cuadro 7 se presenta los valores promedio del efecto del abonamiento sobre las plántulas de cebada, observándose que los mayores valores de materia seca ocurren en los tratamientos T6 (compost dosis media x harina rocas dosis baja) con 72,49%, T9 (compost dosis baja x harina rocas dosis baja) con 71,78%, T14 (harina rocas dosis alta) con 69,82% y T15 (harina rocas dosis media) con 67,17%, superando a los otros tratamientos, a su vez todos los tratamientos superan al testigo (tratamiento 10) que presenta 57,60% materia seca. Estos resultados evidencian que la mezcla de compost y harina de rocas tiene un efecto benéfico sobre la materia seca de las plántulas de cebada, tal como lo demuestran los tratamientos T6 y T9, explicado por la actividad enzimática de los microorganismos del compost que solubilizan los nutrientes de la harina de rocas, facilitando su asimilación por las plántulas de cebada.

Comparando los tratamientos compost y harina de rocas se observa que los mayores valores ocurren en los tratamientos T14 (harina rocas dosis alta) con 69,82%, y T11 (compost dosis alta) con 66,30% materia seca, lo que supondría que a corto plazo ocurre una mayor asimilación de nutrientes por las

plántulas de cebada a partir de la harina de rocas, en tanto que el compost requeriría un mayor tiempo para una mayor actividad y descomposición por los microorganismos.

Por otro lado los mayores valores en altura de planta, se presenta en los tratamientos T3 (compost dosis baja) con 91,83 cm, T14 (harina rocas dosis alta) con 88,16 cm, T5 (compost dosis media x harina rocas dosis media) con 87,83 cm y T12 (compost dosis media) con 87,00 cm, superando a los otros tratamientos, a su vez todos los tratamientos superan al testigo (tratamiento 10) que solo presenta 64,00 cm de altura de plántulas de cebada. En las variables peso fresco/planta y peso seco/planta, el tratamiento T15 (harina rocas dosis media) presenta el mayor valor con 9,79 gr peso verde/plántula, y 3,22 gr peso seco/plántula respectivamente.

Sobre el efecto de los tratamientos en el suelo, ocurre un incremento del pH en todos los tratamientos en comparación al testigo (pH: 7,55 ligeramente básico), intensificándose en los tratamientos con compost, en razón de sus características químicas básicas; el menor incremento del pH ocurrió en los tratamientos con harina de rocas, lo que se debería al corto tiempo de reacción en el suelo. Respecto a la conductividad eléctrica en la mayor parte de los tratamientos ocurre un ligero incremento, pero sin llegar a un nivel de riesgo, y solo en el tratamiento T15 (harina rocas dosis alta) el valor disminuyó en comparación con el testigo, manteniéndose la condición de salinidad ligera, lo que indica que el compost y la harina de rocas aplicados al suelo, no generan salinidad.

**Cuadro 7. Promedios de efecto del abonamiento con compost y harina de rocas sobre plántulas de cebada (*Hordeum vulgare*) y sobre el suelo**

TRATAMIENTOS	Promedio efectos abonamiento sobre plántulas de maíz ( <i>Zea mays</i> )				Promedios efectos sobre el suelo	
	Peso verde gr/plant a	Pesoseco gr/planta	Altura planta (cm)	% Materia seca	pH	C. Eléctrica dSm
T1 CDA x HRA (Compost dosis alta x harina rocas dosis alta)	6,272	2,321	76,333	63,498	7,93	1342,7
T2 CDA x HRM (Compost dosis alta x harina rocas dosis media)	6,170	2,281	86,500	63,383	7,97	1160,0
T3 CDA x HRB (Compost dosis alta x harina rocas dosis baja)	6,628	2,421	85,000	62,792	7,96	1218,5
T4 CDM x HRA (Compost dosis media x harina rocas dosis alta)	5,250	1,860	68,500	65,712	7,94	1387,2
T5 CDM x HRM (Compost dosis media x harina rocas dosis media)	5,338	1,995	87,833	64,072	7,78	1395,7
T6 CDM x HRB (Compost dosis media x harina rocas dosis baja)	5,168	1,421	78,167	72,487	7,89	1097,3
T7 CDB x HRA (Compost dosis baja x harina rocas dosis alta)	5,020	1,726	70,000	66,150	7,61	1444,3
T8 CDB x HRM (Compost dosis baja x harina rocas dosis media)	5,843	2,073	86,167	65,958	7,59	1269,8
T9 CDB x HRB (Compost dosis baja x harina rocas dosis baja)	5,938	1,663	67,167	71,775	7,78	1175,5
T10 TE (Testigo)	5,070	1,888	64,000	57,602	7,55	1260,8
T11 CDA (Compost dosis alta)	6,885	2,140	83,167	66,298	8,40	989,5
T12 CDM (Compost dosis media)	9,130	2,951	87,000	65,928	7,92	1208,0
T13 CDB (Compost dosis baja)	9,058	2,955	91,833	64,635	7,88	1119,7
T14 HRA (Harina rocas dosis alta)	9,428	2,735	88,167	69,815	7,76	918,2
T15 HRM (Harina rocas dosis media)	9,797	3,218	86,000	67,172	7,73	1124,3
T16 HRB (Harina rocas dosis baja)	7,468	2,511	74,000	65,380	7,71	1129,8

Los resultados evidencian que el compost y la mezcla de compost-harina de rocas tienen un efecto

benéfico sobre las propiedades físicas del suelo, superando a la harina de rocas y al testigo. El efecto

más notorio es en la densidad aparente y la porosidad, evidenciándose que a mayor cantidad de compost aplicado mayor es el efecto benéfico sobre el suelo, estos resultados coinciden y corroboran lo obtenido en otros estudios realizados en altiplano, valles y yungas de Bolivia (Noriega, Y. 2001; Parra, N. 2003; Ruíz, N. 2012), en el presente experimento esta tendencia y efecto positivo, también se observó en los tratamientos de mezcla de compost-harina de rocas.

En el cuadro 8, se muestra el análisis de varianza de los efectos del abonamiento con compost y la harina de rocas, sobre las plántulas de cebada y sobre el suelo, observándose que las variables altura de plántulas de cebada y pH del suelo, presentan diferencias estadísticas altamente significativas, la variable peso verde presenta diferencias significativas; las variables peso seco, % materia seca de las plántulas de cebada, y la variable conductividad eléctrica en el suelo no presentan diferencias significativas. En todos los casos los coeficientes de variabilidad están en los rangos aceptables. Estos resultados, evidencia que a corto plazo ocurre un efecto diferenciado de los tratamientos de compost, harina de rocas y la mezcla compost y harina de rocas, sobre las plántulas y sobre el suelo.

En el cuadro 9, se presenta la prueba múltiple de Duncan para la altura plántulas de cebada, observándose que el tratamiento T13 (Compost dosis baja) es superior estadísticamente a los otros tratamientos, estos a su vez son superiores al testigo; luego se observan seis grupos estadísticamente similares entre sí, el primer grupo conformado por los tratamientos T14 (harina rocas dosis alta) y T5 (harina rocas dosis media); el segundo grupo constituido por los tratamientos T12 (compost dosis media), T2 (compost dosis alta x harina rocas dosis media), T8 (compost dosis baja x harina rocas dosis media) y T15 (harina rocas dosis media); el tercer grupo formado por los tratamientos T3 (compost dosis alta x harina rocas dosis baja) y T11 (compost dosis alta); el cuarto grupo conformado por los tratamientos T6 (harina rocas dosis baja), T1 (compost dosis alta x harina rocas dosis alta), T16 (harina rocas dosis baja) y T7 (compost dosis baja x harina rocas dosis alta); el quinto grupo conformado por los tratamientos T4 (harina rocas dosis alta) y T9 (compost dosis baja x harina rocas dosis baja); el último grupo que corresponde al testigo y que presenta el menor valor de altura de plántulas de cebada.

**Cuadro 8. ANVA tratamientos cuadrados medios y significancia efectos sobre plantas de cebada (*Hordeumvulgaris*) y sobre el suelo**

Fuentes de Variación	Grados Libertad	Efectos sobre plantas de cebada					Efectos sobre el Suelo	
		Peso verde	Peso seco	Altura planta	% Materia seca	pH	Cond.Elect	
Tratamientos	15	0,5987 *	0,1901 NS	469,65 **	76,3016 NS	0,2437 **	28,1293NS	
Error	80	0,3466	0,1091	187,102	52,1815	0,0979	29,9093	
Total	95							
C.V.		23,27	22,58	17,10	10,97	3,99	15,96	

(NS): No significativo      (\*): Significativo      (\*\*): Altamente significativo

En el cuadro 10, se presenta la prueba múltiple de Duncan para el pH del suelo, observándose que el testigo (pH: 7,55 ligeramente alcalino) y otros 14 tratamientos de compost, harina de rocas y sus interacciones son estadísticamente superiores al tratamiento T11 (Compost dosis alta) que presenta un pH: 8,40 calificado como moderadamente alcalino, estableciéndose que el compost en sus dosis media y alta, sólo o en mezcla con la harina de rocas incrementa el valor del pH del suelo, hasta un rango moderadamente alcalino, que en el presente caso no afectó a las plántulas de cebada.

En el cuadro 11, se muestra el análisis de varianza de los factoriales, observándose que los factores compost, harina de rocas, interacción compost x harina de rocas, y las variables de evaluación de las plántulas de cebada, peso verde, peso seco y materia seca, no existen diferencias significativas, lo mismo ocurre con la variable altura de planta, excepto para el abonamiento con compost que presenta significación estadística. Las variables del suelo pH y conductividad eléctrica, tampoco presentan significación estadística, excepto para el factor de abonamiento con harina de rocas, donde el pH del suelo es altamente significativa, lo que evidencia un marcado efecto de los tratamientos sobre la reacción del suelo. Los coeficientes de variación para peso verde, peso seco, altura de planta, % materia seca, conductividad eléctrica del suelo y pH son 19.01, 22.46, 16.94, 9.49, 3.46 y 17.15% respectivamente, lo que indica que los datos obtenidos son confiables.

En el cuadro 12 se presenta la prueba de Duncan para la variable altura de planta y el factor abonamiento con compost, observándose que el tratamiento T12 (compost dosis media) con 86.83 cm, supera a los tratamientos T13 (Compost dosis baja) que presenta 76.77 cm y al tratamiento T11 (compost dosis alta) que tiene 71.61 cm, siendo estadísticamente iguales. Observándose que a mayor dosis de abonamiento con compost se tiene una menor altura de plántulas, obteniéndose una mejor respuesta con la dosis media de compost.

En el cuadro 13 se presenta la prueba de Duncan para la variable pH del suelo y el factor abonamiento con harina de rocas, observándose que

el tratamiento T16 (harina rocas dosis baja) que presenta un pH: 7,66 calificado como ligeramente alcalino, supera a los tratamientos T15 (harina de rocas dosis media) con un pH: 7,85 y al tratamiento T14 (harina de rocas dosis alta) que tiene un pH: 7,95, ambos tratamientos son estadísticamente iguales y son calificados como moderadamente alcalinos.

**Cuadro 9: Prueba de DUNCAN Altura de plantas de cebada**

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	DUNCAN (0.05)
T13 CDB	91,83	A
T14 HRA	88,167	B A
T5 HRM	87,83	B A
T12 CDM	87,00	B A C
T2 CDA x HRM	86,50	B A C
T8 CDB x HRM	86,16	B A C
T15 HRM	86,00	B A C
T3 CDA x HRB	85,00	B D A C
T11 CDA	83,16	B D A C
T6 CDM x HRB	78,16	E B D A C
T1 CDA x HRA	76,33	E B D A C
T16 HRB	74,00	E B D A C
T7 CDB x HRA	70,00	E B D C
T4 HRA	68,50	E D C
T9 CDB x HRB	67,16	E D
T10 (Testigo)	64,00	E

**Cuadro 10: Prueba de DUNCAN pH del suelo**

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	DUNCAN (0.05)
T10 (Testigo)	7,55	A
T8 CDB x HRM	7,59	A
T7 CDB x HRA	7,61	A
T16 HRB	7,71	A
T15 HRM	7,73	A
T14 HRA	7,76	A
T5 CDM x HRM	7,78	A
T9 CDB x HRB	7,78	A
T13 CDB	7,88	A
T6 CDM x HRB	7,89	A
T12 CDM	7,92	A
T1 CDA x HRA	7,93	A
T4 CDM x HRA	7,94	A
T3 CDA x HRB	7,96	A
T2 CDA x HRM	7,97	A
T11 CDA	8,40	B

**Cuadro 11: ANVA factoriales cuadrados medios y significancia efectos sobre plantas de cebada (*Hordeum vulgare*) y sobre el suelo**

Fuentes de Variación	Grados Libertad	Efectos sobre plantas de cebada						Efectos sobre el suelo	
		Peso verde	Peso seco	Altura planta	% seca	Materia	pH	Cond.Elect	
Abonamiento Harina rocas	2	0,310 NS	0,289 NS	300,90 NS	121,06 NS			0,4041 **	3,4351 NS
Abonamiento compost	2	0,030 NS	0,032 NS	1078,57 *	108,85 NS			0,0423 NS	62,5745 NS
Compost x Harina rocas	4	0,023 NS	0,032 NS	146,60 NS	38,45 NS			0,032 NS	14,5936 NS
Error	45	0,00	0,094	176,48	39,53			0,073	36,58
Total	53								
C.V.		19,01	22,46	16,94	9,49			3,46	17,15

(NS): No significativo      (\*): Significativo      (\*\*): Altamente significativo

**Cuadro 12: Prueba de DUNCAN altura de plántulas de cebada Con abonamiento compost**

Tratamientos	Promedios	Duncan (0.05)
T12 CDM	86,833	A
T13 CDB	76,778	B
T11 CDA	71,611	B

**Cuadro 13: Prueba de DUNCAN pH del suelo con abonamiento de harina de rocas**

Tratamientos	Promedios	Duncan (0.05)
T16 HRB	7,66	A
T15 HRM	7,85	B
T14 HRA	7,95	B

El estudio del efecto del compost altoandino y sus variantes con fortalecimiento con harina de rocas, sobre los suelos contaminados con hidrocarburos, reporta avances sobre las características microbiológicas y enzimáticas del compost CA-TB2g y del BIOAF. Al respecto Chilon, Jhoselyne (2014) señala que la compostación es un proceso multienzimático, determinado por los microorganismos, que generan enzimas extracelulares, requiriéndose la interacción de distintas clases de enzimas hasta llegar a la humificación; en razón que los microorganismos del compost basan su alimentación en estas enzimas, los valores de su actividad se utilizan

como indicadores de la actividad microbiana; como una alternativa en su estudio se está aplicando la técnica Cromatográfica, adaptada de la aplicación en medicina de la cromatografía de Pfeifer, con buenos resultados en la determinación de la calidad y estado de humificación del compost. Esta técnica cromatografía adaptada al proceso de biorrecuperación (utilizando compost altoandino y sus variantes) de suelos contaminados con hidrocarburos, resulta una herramienta efectiva en el seguimiento y evaluación del proceso de biorremediación, al reflejar cualitativamente la actividad enzimática de los microorganismos, lo que permite tomar las medidas correctivas

oportunamente, para lograr una biorrecuperación completa.

La técnica cromatográfica adaptada a la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, tienen una buena correlación con los efectos del compost altoandino y sus variantes, especialmente con el abono denominado BIOAF o compost altoandino fortalecido con harina de rocas y con abono orgánico líquido aeróbico (BIOAL); la evaluación inicial mostró que este abono contiene una amplia variedad de microorganismos y de enzimas responsables de la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, lo que genera un efecto benéfico en el crecimiento y desarrollo de las bacterias autóctonas y aquellas introducidas, responsables de la degradación de los hidrocarburos contaminantes de los suelos. Este resultado sumado a los resultados logrados en varios años de investigación, que tiene como base el estudio del compost altoandino, han permitido ajustar y estandarizar la metodología, las dosis y proporciones, para la biorrecuperación de suelos, situación que está posibilitado pasar de la etapa de investigación a la de servicios de biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, a través de la empresa BIORECSA-BOLIVIA.

Se ha diseñado la fase de continuidad de la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, en la región del chaco de Bolivia, cuna de los hidrocarburos del país y donde la contaminación de suelos por la actividad hidrocarburífera es más notoria; con el inicio de la investigación se ha planteado la hipótesis que la adaptación y transferencia de la metodología basada en el compostaje altoandino al chaco boliviano, permitirá la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos en esta región.

## CONCLUSIONES

El primer experimento en plántulas de maíz (*Zea mays*), mediante la evaluación del efecto del abonamiento de compost y harina de rocas en la planta y el suelo, comparando los promedios establece que los tratamientos T8 (harina de rocas dosis media x compost dosis media), T6 (Harina rocas dosis baja) y T3 (compost dosis baja) presentan un mayor efecto sobre el incremento del % materia seca de las plántulas, presentando una muy alta significación estadística.

El tratamiento T9 (harina rocas dosis media x compost dosis baja) presenta el mayor valor en las variables peso fresco/planta, peso seco/planta y altura de planta, con 54,9 gr peso verde/planta, 8,02 gr peso seco/planta, y 75,50 cm altura/planta respectivamente, lo que indica un mejor efecto del tratamiento T9 (harina rocas dosis media x compost dosis baja) sobre el peso verde, peso seco y altura de planta de maíz.

Los tratamientos con abonamiento con harina de rocas presentan una ligera variación del pH del suelo manteniéndose en el rango de ligeramente alcalino, lo que se debería a su poca reacción y solubilidad a corto plazo, en cambio los tratamientos de abonamiento orgánico solo o en mezcla con la harina de rocas intensifican las reacciones bioquímicas en el suelo, generando a corto plazo mayores cambios en el pH del suelo.

El segundo experimento con plántulas de cebada (*Hordeum vulgare*), a través de la evaluación del efecto del abonamiento con compost y harina de rocas, en la planta y el suelo, con la comparación de los promedios del % materia seca, se observó que los mayores valores se presentaron en los tratamientos T6 (compost dosis media x harina rocas dosis baja), T9 (compost dosis baja x harina rocas dosis baja), T14 (harina rocas dosis alta) y T15 (harina rocas dosis media), superando a los otros tratamientos y al testigo. Estos resultados verifican que la mezcla de compost y harina de rocas tiene un efecto benéfico sobre la materia seca de las plántulas de cebada, por la actividad de los microorganismos y la acción enzimática del compost que solubilizan los nutrientes de la harina de rocas, facilitando su asimilación por las plántulas de cebada.

Comparando los tratamientos compost y harina de rocas se observa que los mayores valores del % materia seca, ocurren en los tratamientos T14 (harina rocas dosis alta) y T11 (compost dosis alta), lo que verifica que a corto plazo ocurre una mayor asimilación de nutrientes por las plántulas de cebada a partir de la harina de rocas, en tanto que el compost requiere un mayor tiempo para la actividad de los microorganismos y la descomposición de la materia orgánica.

En el efecto sobre la altura de plántulas de cebada, los mayores valores se presentaron en los tratamientos T3 (compost dosis baja), T14 (harina rocas dosis alta), T5 (compost dosis media x harina rocas dosis media) y T12 (compost dosis media) superando a los otros tratamientos y al testigo. En el peso fresco/planta y peso seco/planta, el mayor valor lo presentó el tratamiento T15 (harina rocas dosis media).

En el efecto de los tratamientos sobre el suelo, se verificó un incremento del pH en todos los tratamientos en comparación al testigo, intensificándose en los tratamientos con compost, en razón de sus características químicas básicas; el menor incremento del pH ocurrió en los tratamientos con harina de rocas, lo que se debió al corto tiempo de reacción en el suelo. Sobre la conductividad eléctrica se observó que en la mayor parte de los tratamientos ocurrió un ligero incremento, pero sin llegar a un nivel de riesgo, evidenciándose que estos abonos no generan salinidad.

## RECOMENDACIONES

Es necesario continuar con los estudios de laboratorio y la aplicación de técnicas especializadas de identificación de géneros y especies de microorganismos del compost altoandino, responsables de la descomposición orgánica, del mejoramiento de la fertilidad de los suelos y de la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Es necesario continuar con los ensayos de elaboración de compost utilizando estrictamente materiales locales, en los diferentes ecosistemas del país.

Es necesario continuar con el estudio e investigación de compuestos orgánicos y otros abonos orgánicos enriquecidos, en la

Ambos experimentos en plántulas de maíz y cebada, establecen que el abonamiento con compost y harina de rocas, solos o en mezcla tienen un efecto positivo sobre el incremento del % materia seca, peso verde, peso seco y altura de planta, así como sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, superando a lo obtenido por el testigo.

La biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, es más efectiva con el uso del compost altoandino fortalecido con harina de rocas y abono orgánico líquido aeróbico, contándose con la técnica cromatográfica adaptada a la biorrecuperación de suelos, que coadyuva en el seguimiento y evaluación del proceso de biorremediación, al reflejar cualitativamente la actividad enzimática de los microorganismos, tomándose las medidas correctivas oportunas para lograr la biorrecuperación completa. Tras varios años de investigación, y contando con una metodología y técnica estandarizada, se está pasando de la etapa de investigación a la de servicios de biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos.

biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, en otros pisos ecológicos, con una evaluación cuantitativa y la utilización de tecnología y medios adecuados.

Es necesario que programas y proyectos de desarrollo rural, realicen la transferencia de esta técnica innovativa de compostaje a las comunidades indígenas y campesinas, para coadyuvar con la seguridad alimentaria y la disminución de los riesgos del cambio climático.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M. Sc. José Vicente Rojas, Docente de la Facultad de Agronomía-UMSA, por el apoyo en el procesamiento estadístico de los datos de campo.

## BIBLIOGRAFIA

- CORTEZ, Julio. (1998) “Comportamiento Agronómico de cinco variedades de soya, con la aplicación de compost en la región de Pahuata Sud Yungas”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia.
- CHILON, Eduardo. (1991) “Efectos de la incorporación de enmiendas orgánicas en el mejoramiento de algunas propiedades del suelo relacionadas con su resistencia a la erosión y el rendimiento de cultivos”. Memorias II Simposio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto de Ecología UMSA. La Paz-Bolivia.
- CHILON, Eduardo. (2006) “El suelo vivo, abonamiento con harina de rocas”, separata de capacitación a promotores rurales. AOPEB Asociación de Productores Ecológicos de Bolivia, La Paz, Bolivia.
- CHILON, Eduardo. (2011) “Sostenibilidad de suelos agrícolas y abonamiento con compost y harina de rocas”, separata curso de capacitación a promotores ecológicos. PIDAASA, Cochabamba, Bolivia.
- CHILON, Eduardo. (2012) “Efecto del abonamiento con compost y harina de rocas sobre la planta y el suelo”, Guía de prácticas, cátedra Fertilidad de Suelos y nutrición vegetal. Facultad de Agronomía UMSA, La Paz-Bolivia
- CHILON, Eduardo. (2010) “Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático”, reporte investigación publicado en CienciAgro Vol.2, No. 1(2010) 221-227, Junio 2010. [www.institutoagrario.org](http://www.institutoagrario.org).
- CHILON, Eduardo. (2011) “Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático”, reporte investigación publicado en CienciAgro Vol.2, No. 2(2011) 261-268, Julio 2011. [www.institutoagrario.org](http://www.institutoagrario.org).
- CHILON, Eduardo. (2013) “El Compost altoandino como sustento de la Fertilidad del suelo frente al cambio climático”, reporte investigación publicado en CienciAgro (2013) 2(4): 456-468, Agosto 2013. [www.institutoagrario.org](http://www.institutoagrario.org).
- CHILON, Jhoselyne. (2014) “Determinación cromatográfica, de la actividad microbiana del compost altoandino CA-TB2g y de suelos contaminados con hidrocarburos”, informe de investigación, BIORECSA, La Paz-Bolivia.
- HENSEL, Julius. (2004) “Panes de piedra”, Fundación Juquirá Candirú, 1º Edición, traducción del original “Brot Aus Steinen, Durch Mineralische Dämpfung der Felder” Leipzig 1898.
- PARRA, Nicolasa. (2003) “Efecto de aplicación de fuentes orgánicas sobre las propiedades del suelo y en rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) en Sukakollus”. Memoria de grado Técnico Superior Agropecuario, UAC Tiahuanaco, Universidad Católica Boliviana.
- MITA, Mónica. (2007) “Recuperación de Suelos Empetrolados mediante Bioaumentación bacteriana con Compost y Humus en Patacamaya, Provincia Aroma, Departamento de La Paz”, Tesis de Grado, Carrera de Agronomía, Escuela Militar de Ingeniería EMI, La Paz-Bolivia.
- NORIEGA, Yumey. (2001) Evaluación de las propiedades de un suelo chaqueado comparado con otros con incorporación de su biomasa compostada en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Escuela Militar de Ingeniería E.M.I. La Paz, Bolivia.
- RAMIREZ, Romel. (2012) “Evaluación de dos tipos de material vegetal, con el uso de bioactivadores sobre la calidad del compost”, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Universidad Católica Boliviana UAC Tiahuanaco. La Paz, Bolivia.
- RUIZ, Marcelo. (2012) “Evaluación agronómica del rendimiento de tomate, con la aplicación de compost y gallinaza en la comunidad Hinchupalla, provincia Loayza”, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Universidad Católica Boliviana UAC Tiahuanaco. La Paz, Bolivia.

- SCHAYMAN, Yessica. (2012) “Biorrecuperación de suelos contaminados por aceites dieléctricos con contenidos de PBC Ingeniería Ambiental, Escuela Militar de Ingeniería EMI, La Paz-Bolivia.
- SOTOMAYOR, Carmen. (2000) “Efecto del volumen de compost de pulpa de café en el desarrollo de plántulas, en vivero en la región de Sud Yungas”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- (Policloruro de bifenilo) en el campus de Alto Irpavi La Paz” Tesis de Grado, Carrera de
- TORO, Félix. (2014) “Efecto de cuatro tipos de activadores biológicos locales en la calidad de compost en la Comunidad de Corpa Municipio Tiahuanaco provincia Ingavi Departamento de La Paz”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- WEAVER, Don. (2011) “The survival of civilisation”, Burlingame, USA.

## Diferencia en el crecimiento y desarrollo de *Raphanus sativus* (Brassicaceae) sembrado en cuatro fases lunares

*Difference in growth and development of Raphanus sativus (Brassicaceae) planted in four moon phases*

Andrei Gonzales Iturri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés. Campus Universitario, Calle 27 s/n Cota Cota, La Paz, Bolivia. gloxia888@outlook.com

\*Autor de correspondencia:

### Resumen

Culturas ancestrales sugieren periodicidad lunar sobre la materia y su aplicación en los cultivos lo cual durante años fue objeto de controversia en cuanto a sus efectos, sin embargo existe un apreciable número de publicaciones que sustentan la existencia de dicha influencia en algunas especies eucariotas y materia inanimada que en un futuro nos darán mayores respuestas útiles. Se evaluó la influencia de las fases lunares en variables que representen el crecimiento, desarrollo y germinación del Rábano (*Raphanus sativus*), controlando factores de confusión; no se utilizaron plantas testigo ya que no es posible aislar la fuerza de gravedad lunar. Los resultados muestran que no existe diferencia en el porcentaje de germinación por fase lunar. La variable biomasa subterránea con un valor  $P=0,015$ , sugiere mejor calidad en producción del *Raphanus sativus* si es sembrado en Luna Nueva. Existen factores de confusión por descubrir y queda aún en controversia el saber si la periodicidad lunar trabaja individualmente o si se expresa, refuerza o depende en presencia de otras variables cósmicas.

**Palabras claves:** *Raphanus sativus*, Luna y Rábano, Luna y Germinación, Ley de Gravitación Universal, Periodicidad Lunar.

### Summary

Ancient cultures suggest Lunar periodicity on matter and its application on crops which for years was the subject of controversy regarding its effects, however there is a significant number of publications that support the existence of such influence in some eukaryotic species and inanimate matter that in the future we will create more useful answers. The influence of lunar phases on variables representing the growth, development and germination of radish (*Raphanus sativus*) was evaluated, controlling confounding factors; Control plants were not used because it is not possible to isolate the force of lunar gravity. The results show that there is no difference in the percentage of germination by moon phase. The variable of Ground biomass with a P value = 0.015, suggest a better quality production on *Raphanus sativus* if is planted in New Moon. There confounding factors for discover and stays still in controversy whether the lunar periodicity influence works individually or if expressed, strengthens or depends on presence of other cosmic variables.

**Key words:** *Raphanus sativus*, Moon and Radish, Germination and Moon, Law of Universal Gravitation, Lunar Periodicity.

## INTRODUCCIÓN

Somos parte integral del Multiverso. Estamos influenciados por fuerzas permanentes y sutiles; por el flujo y reflujo de la actividad cósmica (Lieber y Lassaletta, 1980).

El uso de un sistema de siembra y labores agrícolas en función de la luna, puede ser asignado dos grupos: reiteraciones de campesinos en sus creencias, mitos y reglas, tanto antiguas como modernas y declaraciones infundadas similares y a experimentos apoyados por datos numéricos capaces de análisis estadístico, es decir la comprobación científica (Beeson, 1946).

La idea de una relación entre el crecimiento de las plantas y los ciclos de la luna a menudo ha sido considerada por los científicos como una simple vieja superstición (Chambi 1997, González y Ortiz 2002, Vogt *et al.* 2002, Gonzales 2009, Vignote *et al.* 2010, Martínez *et al.* 2012). Sin embargo, existe una interesante recopilación de trabajos experimentales bien documentado y sugieren fenómenos objetivos que interactúan en diferentes niveles (Zürcher y Schlaepfer, 2014). Evidencias de algunos parámetros como la tasa de germinación (Kolisko 1936, Newall 1941, Mather 1942, Beeson 1946, Maw 1967, Zürcher 1992, 1998, Thun 2003, Zürcher y Schlaepfer 2014), la absorción de agua (Brown y Chow, 1973), Fotoperiodo nocturno (Bünning y Moser, 1968), la tasa de crecimiento de las raíces (Zürcher 1992, Barlow y Fisahn 2012), el metabolismo (Brown, 1960), la formación de ADN (Rossignol *et al.*, 1990), ataques de insectos en los árboles, las fluctuaciones reversibles de diámetros de vástago, relación del agua con la madera, durabilidad de la madera por su densidad, mayor biomasa (Zürcher *et al.* 1998, Zürcher 2000, Zürcher y Mandallaz 2001, Vogt *et al.* 2002, Zürcher *et al.* 2010, Zürcher 2011 y Zürcher *et al.* 2012), el rendimiento del cultivo (Kollerstrom y Staudenmaier, 2001), incremento de macronutrientes en los cultivos, sistema de soporte vital bioregenerativo para el crecimiento de plantas (Liu *et al.* 2008 y Deep y Mittal, 2014), los patrones de potencia y movimientos de la planta (Barlow *et al.* 2008 y Cole y Balick, 2010), etc. que responden con el ciclo de fase lunar de 29,5 días de acuerdo a la atracción gravitatoria con diferentes amplitudes de acuerdo a los estados de la materia a parte de su poder polarizante e hidrolítico (Sidney 1947, Nowinszky *et al.* 1979, Alonso 2002, González y Ortiz 2002, Martínez *et al.* 2012 y Torres 2012).

Se sabe que existen más de seiscientos organismos del Dominio Eukarya (Endres and Schad, 2002) Euglenoides-Excavates; Dinoflagelados, Diatomeas, Algas Pardas- SAR; Cloroplastida-Archaeplastida; Animales, Fungi-Unikontos (Nueva Clasificación de

los Seres Vivos de Adl *et al.* (2012) y Keeling (2013)) (Kofoid 1908, Munro 1924, Brown *et al.* 1955, Maw 1967, Wolfgang 200, Tal 2011) que revelan periodicidad lunar, en sus ciclos de reproducción, crecimiento, desarrollo o en sus hábitos de alimentación (Spiess, 2000), no así en organismos Procariotas (Wolfgang 2001).

El área de estudio del influjo lunar se encuentra asociado dentro del tema de la producción de agroenergía, granja de algas marinas, acuicultura, Relojes Biológicos Bioindicadores, etc. (Carlier 1987, Klein 2004, Cesare 2011, Chinlapianga 2011, -Musawi y Wagner, 2012) donde Ancestros Andinos mencionan (Gonzales, 2009).

El presente artículo se justifica al producir información científica pionera en nuestro medio acerca del efecto de las fases lunares en el crecimiento, desarrollo y germinación en una especie relacionando conocimientos de campesinos andinos.

El método seleccionado es cuantificar variables (longitudes, diámetros y masas) que representen el ciclo vegetativo del rábano para obtener resultados que muestren la validez de la influencia de las fases lunares. Se plantea las hipótesis de que existe periodicidad lunar en por lo menos una variable que represente las funciones vitales del *Raphanus sativus* sembrado en cuatro fases lunares y que no existe diferencia en el porcentaje de germinación por fase lunar.

### La luna y la investigación científica

Zürcher y *et al.* (1998) atribuyen que estos cambios a un flujo rítmico reversible de simplasto al apoplasto estando influenciados por la Luna en correlación a las interferencias de factores exógenos y endógenos, donde la interacción del núcleo celular con el citoplasma se reflejan en el reloj biológico interno (Cole 2010). Esta afirmación es notable, como es de esperar el diámetro del tallo varíe con sólo el tejido potencial osmótico o la tensión en el xilema y floema, siendo este último estrechamente ligado a la tasa de transpiración, donde los ritmos biológicos están relacionados con el día solar y lunar componiendo una herramienta vital de supervivencia, que se adaptará individuo a los cambios cíclicos en su hábitat y variando así diurnamente (Vesala *et al.* 2000, Al-Musawi y Wagner 2012).

Durante el siglo XX resultados de muchas investigaciones eran en igual proporción a favor o en contra de la influencia lunar (Kolisko 1936, Mather y Newall 1941, Mather 1942, Beeson 1946). Parte del escepticismo deriva de diseños experimentales basados

en el calendario solar Gregoriano y el reloj de 24 horas: La Luna se traslada alrededor de la Tierra en sentido directo, en dirección Este y como igual el Sol se mueve un grado por día, el tiempo lunar se desfasa, siendo el día lunar unos cincuenta minutos más largo (Lieber y Lassaletta, 1980), estas conjeturas dieron lugar a un embrollo científico (Vogt, *et al.* 2002).

## Influencia lunar y sus efectos en la materia

Durante Luna Ascendente la sabia asciende desde la etapa de Luna Creciente (un día después de Luna Nueva) hasta Luna Llena donde tiene la máxima acumulación (Munro 1923, Casco 2013) de sabia en las hojas, tallo o talo (y la disponibilidad de luminosidad de la luna es mayor (Bünning y Moser, 1968) donde la tasa de crecimiento es mayor en el follaje (Crawford 1989, González 2002, Torres 2012). La sabia desciende desde la etapa de Luna Gibosa Menguante (un día después de Luna Llena) hasta Luna Nueva donde tiene la máxima acumulación de sabia en las raíces, bulbos o tubérculos; la disponibilidad de luminosidad es menor y la tasa de crecimiento es mayor en el sector subterráneo de la planta (Maw 1967, Crawford 1989, Martínez *et al.* 2012, Torres 2012, Casco 2013).

Los estudios de Wolfgang (2001) en cianobacterias mencionan que no se ha encontrado periodicidad lunar. El ciclo de vida de los Procariotas en condiciones muy adecuadas es demasiado corto en relación a las fases lunares. Es posible que se puedan encontrar, por factores que deriven de las condiciones ambientales o dicha expresión posiblemente se pronuncie a través de la dinámica de sus poblaciones por transferencia epigenética en expresión a la época de estímulo y no es de extrañarse que exista una transmutación adaptativa.

En 1924 Rudolf Steiner fundador de la agricultura biodinámica, alentó el estudio de las relaciones entre la luna y el crecimiento de las plantas (Steiner, 1993). Los efectos de la luna no serán visibles en suelos maltratados, abonados, en plantas desnutridas y áreas envenenadas por el uso de agrotóxicos, la Agricultura Biodinámica se enfoca en reforzar los procesos de vida en la naturaleza y no los procesos de muerte provocados por muchos productos químicos. (Steiner 1993, Chambi 1997, González 2002, Gonzales 2009).

Kollerstrom (1977, 1980, 1993) revisó y confirmó los resultados publicados del efecto Thun, de reanálisis de datos relativos a los tiempos de siembra en referencia a la posición de la luna con respecto a los doce signos zodiacales (el Calendario Lunar de Thun es el más utilizado hasta la fecha), también comprobó los rendimientos de los cultivos de estudio de Spiess (Spiess 1900a y 1900b) con rábano, zanahorias, papa y

su relación con calendarios lunares. (Kollerstrom y Staudenmaier 1998, 2001a, 2001b).

Beeson (1946) menciona que la fecha más favorable para sembrar cultivos de huertas frutales (como rábanos, remolacha, zanahoria), para la floración anual de jardín, para el trigo, el maíz, etc. es de dos días antes de la Luna Llena, se encuentran para ser exuberantes en el follaje, suaves y tiernos, mientras que los sembrados 2 días antes de la Luna Nueva son maleza, seco, duro y astringente. Martínez *et al.* (2012), menciona que las fases de Cuarto Creciente y Luna Nueva son las más propicias; Kolisko (1936) en sus experimentos obtuvo que las semillas de maíz sembradas 2 días antes de la Luna Llena germinó 8-14 días antes que las semillas sembradas en la Luna Nueva que dio las respuestas más lentas (Mather y Newall 1941, Lieber y Lassaletta 1980, Alonso *et al.* 2002), siendo Maw (1967). Sidney (1947) en sus experimentos con el Género *Tropaeolum* obtuvo un incremento de germinación durante Luna Nueva y Luna Creciente donde la testa era delgada y transparente; existen muchas opiniones sobre la mejor Luna para tener mayor porcentaje de germinación pues llegan a contradecirse en muchas ocasiones (Wolfgang 2001, Casco 2013)

## MATERIALES Y MÉTODOS

No se trabajó con plantas testigo porque es imposible aislar las fuerzas gravitatorias lunares que las rodean (Barlow y Fisahn, 2012), Brown *et al.* (1955), colocó las plantas en un laboratorio oscuro en el que no tendrían acceso directo a los efectos del sol o de la luna y aun así las plantas todavía respondían a las fases de la luna. El experimento consta de responder a distintas variables a estudiar, también se trabajó igualando condiciones de los factores de confusión como ser la temperatura, riego, etc. La primera parte consiste en el porcentaje de germinación (variable dependiente) de semillas que fueron plantadas en una fecha determinada (tiempo) (variable independiente). La segunda parte es la medición del desarrollo y crecimiento de las plantas de Rábano con las siguientes variables dependientes: para las variables Número de Hojas (#H), Largo de la Hoja más larga (LH), Ancho de la Hoja más larga (AH), Altura (AL), Diámetro Tallo (DT), Diámetro Bulbo (DB), Diámetro Raíz (DR) en centímetros; para la Masa Total (con agua) (MB), Masa Aérea (con agua) (MA), Masa Subterránea (con agua) (MS), Biomasa Aérea (BA), Biomasa Subterránea (BS), Biomasa Total (BT), Masa de Agua contenida en el Bulbo (MH) medidas en gramos, siendo el factor de fases lunares con sus niveles de Luna Cuarto Creciente (C), Llena (L), Cuarto Menguante (M) y Nueva (N).

Tierra negra, turba, abono animal, arena; Calibrador Vernier de un calibre de medición de 0,02 mm para medir las longitudes de diámetros y altura; Termómetro de mercurio que pueda medir temperaturas del lugar donde se experimenta, se usó uno de 0 a 100 °C; Regla común de treinta centímetros para medir longitudes de ancho y largo de hoja; Balde de 100 litros de capacidad para poder transportar los componentes y mezclar el nuevo sustrato. Pala para mezclar los componentes del nuevo sustrato; Veinte macetas con capacidad de 5 litros con un diámetro de 13,5 cm y de alto 24 cm fabricadas de envases PET reciclados; Balanza de precisión para medir masas de semillas, tierra, macetas, rábanos, etc.

**Preparado de Macetas:** Se cortó el cabezal de un total de veinte botellas PET y se perforó con algunos huecos en el fondo; Con ayuda de un balde y una pala se prepara la mezcla de turba, abono animal, arena y tierra negra (adquirida del área rural de La Paz). Una vez que se homogeniza bien la mezcla se procede a colocar en las macetas hasta el tope. Se guardó un poco de la mezcla para poder agregar a todas las macetas posteriormente y también para el análisis de suelo. Por último se marcaron con códigos cada una de las macetas que representan las fases lunares; asignando cinco macetas (cada maceta con dos plantas) por fase lunar.

**Cálculo Masas Semillas:** Se pesaron ochenta semillas al azar en una balanza electrónica y se obtuvo la media del peso de las semillas (0,01158 g) con la que se trabajó.

**Temperatura, Luz y Riego:** El control de la temperatura ambiente fue realizado midiendo la misma cada cuatro horas con un termómetro (marca), desde las horas siete a quince del día siguiente obteniendo una media de 14 °C. Se proporcionó 100 ml y 300 ml de agua en las mismas proporciones a las plantas durante intervalos de dos días durante 2 meses; las plantas disponían de un promedio de siete horas diarias de luz solar desde las diez hasta las diecisiete horas.

**Cálculo de Variables del Sustrato:** Para calcular aproximadamente la textura del sustrato con porcentajes se utilizó los métodos de asentamiento por densidades y plasticidad del sustrato por amasado Véase (Plaster 2000, FAO 2006, 2009).

Se extrajo otra muestra representativa aproximadamente de 60 g de sustrato para hacer el análisis de Conductancia, pH, Materia Orgánica y Humedad Higroscópica con distintos protocolos Véase (Cochrane y Barber 1993, Chilon 1996, Andrades 2012).

**Cálculo de Variables de Desarrollo y Crecimiento de las Plantas:** Para poder calcular la biomasa se utilizó el método directo que consiste en pesar directamente las plantas una vez que estén deshidratadas (Fonseca *et al.* 2009).

Una vez cosechadas las plantas después de 2 meses se procedió a medir todas las variables que representen el crecimiento y el desarrollo: Número de Hojas (conteo visual), Ancho Largo de la Hoja más grande medidas con una regla de 30 cm de longitud; Altura del follaje, Diámetro del Talo, Diámetro del Bulbo y Diámetro de la Raíz medidas con un Calibrador Vernier (marca). Posteriormente se procedió a pesar la Masa Total de cada rábano y luego se realizaron cortes separando el follaje del bulbo para pesar la Masa Aérea y la Masa Subterránea. Finalmente se secaron las plantas (cada una con su identificación) en papel periódico (descubiertas) durante aproximadamente 1 semana y 5 días hasta que el producto se llegue a deshidratar; concluidos los días de secado se pesó la Biomasa seca total y por separado la Biomasa Seca Aérea y Biomasa Seca Subterránea.

Para fines comparativos se realizó la medición de la masa y diámetro del bulbo de veinte rábanos recolectados del Mercado Irpavi en la ciudad de La Paz y con ayuda del IBM SPSS 19ava versión se realizaron los análisis estadísticos tanto descriptivos como de inferencia (Kruskal-Wallis).

## Resultados variables de germinación, desarrollo y crecimiento de las plantas

Se calcularon en dos partes las variables que reflejan la germinación, crecimiento y desarrollo del *Raphanus sativus* bajo la influencia de las fases lunares, también se determinaron ciertos factores de confusión que podían haber afectado los resultados del experimento.

De una Mezcla de 22,22% Turba; 11,11% Abono Animal; 11,11% Arena; 55,56% Tierra Negra, los porcentajes aproximados de textura que se obtuvieron fueron 33,3 % de arena y grava, 25 % de limo y 41,67 % de arcilla. Una textura Franco Arcilloso Arenoso. Se calculó un pH promedio de 5,72 y una Conductividad de 1180  $\mu$ smen/cm. Humedad Higroscópica de 1,00% y Porcentaje de Materia Orgánica de un 11%.

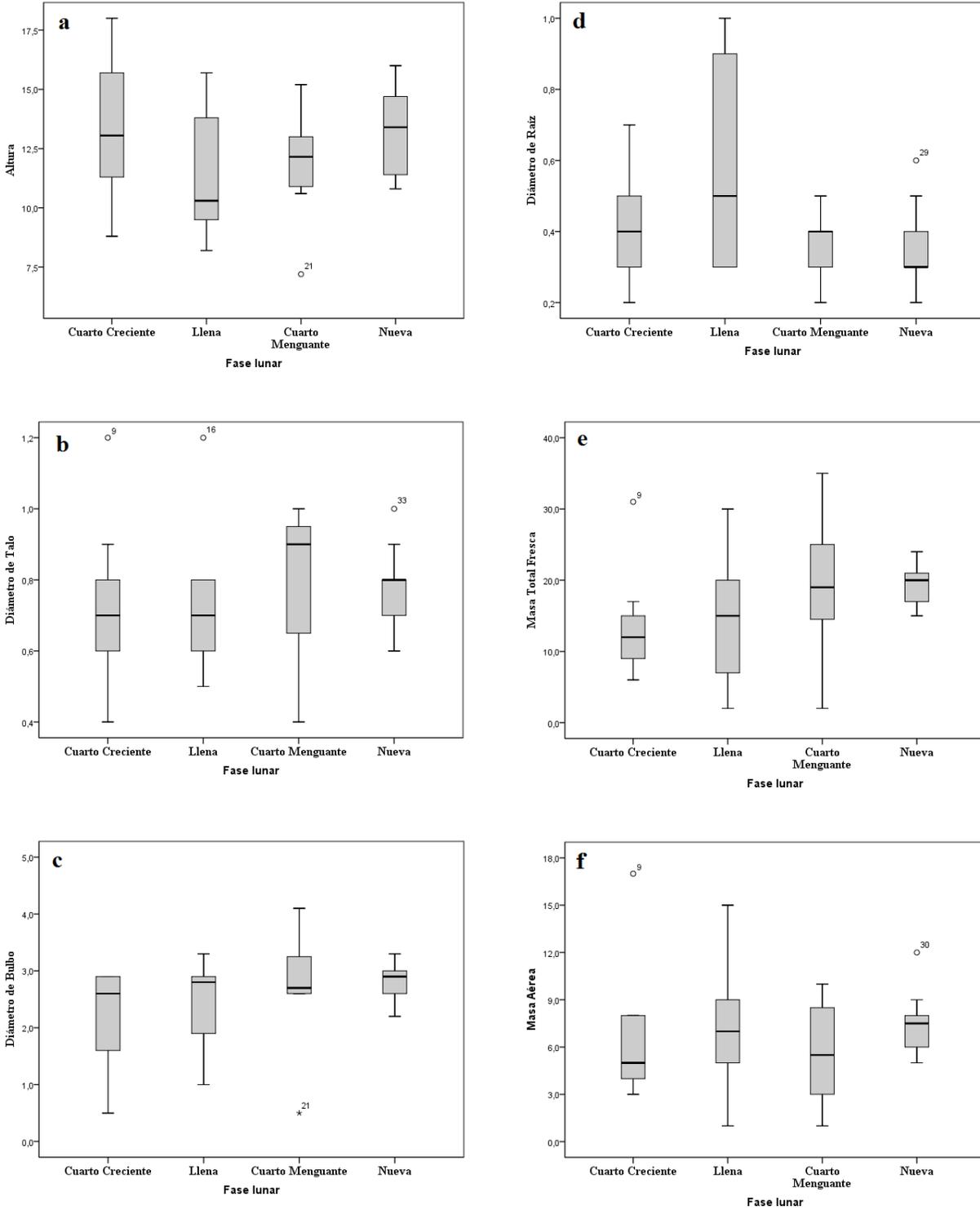
Se obtuvo un 100% de germinación en todas las fases exceptuando en Luna Cuarto Menguante con 80%. Las plantas sembradas en Luna Cuarto Creciente y Llena germinaron a los cinco días y las de Luna Cuarto Menguante y Nueva de seis y siete días respectivamente. Ninguna planta tuvo problemas con ningún tipo de plaga o intentos de depredación.

**Tabla 3. Significancia de las Variables calculadas después de 2 meses de crecimiento y desarrollo del *Raphanus sativus* en diferentes Fases Lunares.**

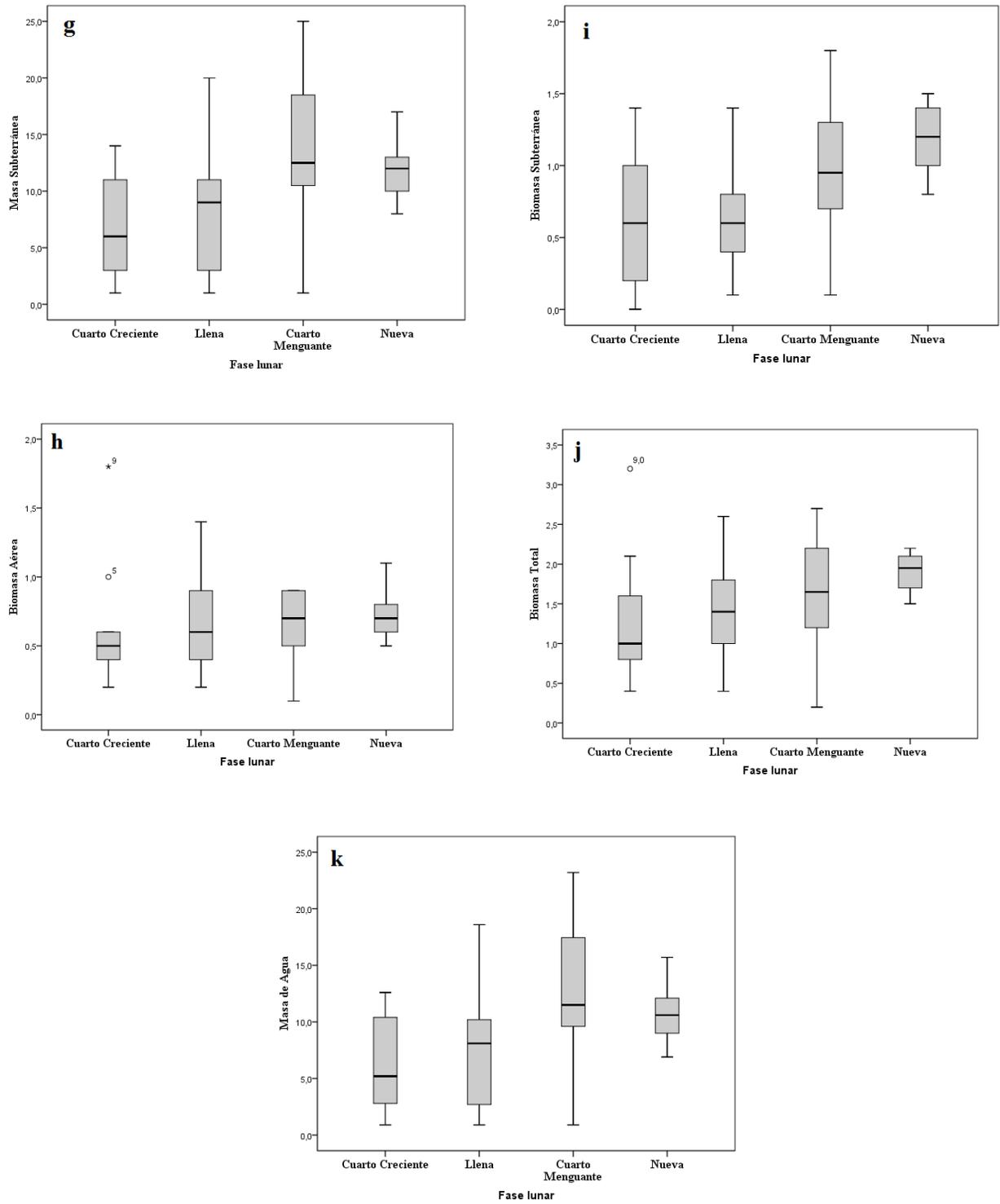
<b>*V/F</b>	<b>D</b>	<b>#H</b>	<b>LH</b>	<b>AH</b>	<b>AL</b>	<b>DT</b>	<b>DB</b>	<b>DR</b>	<b>MT</b>	<b>MA</b>	<b>MS</b>	<b>BA</b>	<b>BS</b>	<b>BT</b>	<b>MH</b>
<b>C</b>	<b>MD</b>	7,400	8,360	5,290	13,250	0,740	2,230	0,420	13,500	6,600	6,900	0,640	0,640	1,280	6,260
	<b>DE</b>	1,350	1,620	1,350	2,920	0,210	0,880	0,150	6,960	4,030	4,630	0,460	0,460	0,850	4,290
<b>L</b>	<b>MD</b>	7,778	8,033	4,711	11,478	0,733	2,467	1,022	14,778	6,667	8,111	0,711	0,633	1,344	6,767
	<b>DE</b>	1,560	2,300	1,080	2,670	0,210	0,825	1,510	9,520	4,420	6,210	0,400	0,390	0,700	5,890
<b>M</b>	<b>MD</b>	7,875	8,325	4,375	11,813	0,800	2,713	0,363	19,250	5,625	13,625	0,650	0,980	1,630	11,995
	<b>DE</b>	1,640	2,110	1,150	2,330	0,210	1,047	0,090	10,150	3,340	7,290	0,280	0,540	0,800	6,820
<b>N</b>	<b>MD</b>	7,500	8,730	5,120	13,300	0,780	2,780	0,360	19,500	7,500	12,000	0,720	1,180	1,900	10,100
	<b>DE</b>	0,530	1,030	1,390	1,900	0,110	0,336	0,120	2,720	2,070	2,830	0,280	0,230	0,260	2,740
<b>K</b>	<b>X<sup>2</sup><sub>3</sub></b>	0,351	1,382	2,340	3,777	1,991	2,608	3,562	6,901	2,133	7,801	2,559	10,450	6,969	6,809
	<b>P</b>	0,950	0,710	0,506	0,287	0,574	0,456	0,313	0,075	0,545	0,050	0,465	0,015	0,073	0,078

\* Las medias (MD) y Desviaciones Estándar (DE) para las respectivas Variables (V) (las abreviaturas están citadas en métodos), tomadas con el Test de Kruskal-Wallis (K); el Chi-cuadrado (Pearson)  $X^2_3$  y el valor P.

Existe diferencia significativa en la biomasa subterránea del *Raphanus sativus* sembrado en cuatro diferentes fases lunares con un  $P=0,015$  y un  $X^2_3=10,45$ .



**Figura 2.** Gráficas de cajas y bigotes representando Variables del Desarrollo y Crecimiento del *Raphanus sativus* cosechado después de 2 meses.



**Figura 3.** Gráficas de cajas y bigotes representando Variables del Desarrollo y Crecimiento del *Raphanus sativus* cosechado después de 2 meses.

Se Realizó una pequeña medición de Masa subterránea y Diámetro de Bulbo de veinte plantas del Mercado Irpavi La Paz-Bolivia, obteniendo una Media de 3,33 cm de diámetro, donde la mínima era 2,3, la máxima 4,5 y la Desviación Estándar 0,589; la Media de la Masa de Bulbo fue de 21 g, donde la mínima es de 12 g, la máxima de 30 g y su Desviación Estándar 5,612.

Comparando con los datos obtenidos de los rábanos del mercado de Irpavi se determinó que seis, cinco, siete y diez plantas de cada fase lunar C, L, M y N respectivamente se encontraban aptas para el comercio pero dichos bulbos eran un poco más pequeños que las del mercado.

## DISCUSIÓN

Las variaciones aleatorias asignables se igualan con un número adecuado de repeticiones (Beeson, 1946), posiblemente observaciones anormales como outliers o algunas discrepancias en los datos de muchas publicaciones científicas pasadas se hayan originado en el influjo lunar y sus efectos que no fueron tomados en cuenta; algunos investigadores como Graviou (1977) y Punam (2012) por ejemplo tomaron el influjo de la luna como parte de sus experimentos.

Es importante mencionar que los rábanos crecieron en ausencia de fertilizantes químicos en comparación con los que se venden en los mercados, asumiendo que el tamaño de los bulbos serán más pequeños (FAO 2011, Infoagro Systems S.L. 2013, Villanueva y Parra 2013). Las proporciones de tierra, porcentaje y composición de textura fueron favorables para que el *Raphanus sativus* pueda crecer y desarrollarse naturalmente sin problemas y de esta forma aplicar una agricultura biodinámica (Steiner 1993, Chambi 1997, González 2002, Gonzales 2009). Según FAO (2011) el pH y la conductividad se encuentran dentro de las proporciones toleradas por el *Raphanus sativus*.

Las proporciones de riego no afectaron el experimento, Kolisko (1936) afirma que la influencia lunar no es totalmente eficaz a menos que haya lluvia o el riego artificial durante el período de germinación, pero el estímulo una vez adquirido se mantiene en el dominio de la actividad de organismos descomponedores a cualquier efecto que puede ser debido a la fase de la luna. Lo que no se determinó por falta de disponibilidad de material es la evaporización. Se coincidió con Zürcher (1998) en una mayor rapidez de germinación en las plantas sembradas en Luna Llena.

En este trabajo se vio que no existe una diferencia en el porcentaje de germinación por la influencia lunar, debido a que las semillas dispersadas ni bien encuentran condiciones útiles en su entorno germinan y

sería un gasto insulso de energía para la plantas si justo en dicho momento con condiciones óptimas les presente una fase lunar inadecuada, evitando su germinación, pues tendría que limitarse en tener que producir flores durante sólo ciertas fases lunares y esperar incluso probabilidades de estar a un buen tiempo de fases lunares adecuadas o efectos cósmicos (supuestos) para producir los frutos (aparte del tiempo extra que espera a sus polinizadores en el supuesto de que los necesite) estando en contra del reloj biológico de los mismos; mencionado el anterior aspecto se propone que posiblemente Sidney (1947) y Martínez *et al.* (2012) no tomaron en cuenta ese punto; los resultados obtenidos no concuerdan con los de Beeson (1946) quién mencionó que Luna Llena es la mejor fase para sembrar el rábano, aparte de las descripciones de Luna Nueva.

En muchos experimentos los científicos observaron que las plantas pueden responder a las condiciones del suelo que no pueden ser fácilmente explicadas (Passioura, 2002), por ejemplo la capacidad de distintos niveles de turgencia de los bulbos y la diferencia en cantidad de agua en ellos por fase lunar. Cuando las raíces detectan las condiciones difíciles en el suelo, envían señales inhibitorias de los brotes mediados por el influjo Lunar, esto puede afectar la conductancia estomática, la expansión celular, la división celular y la tasa de crecimiento; las condiciones del suelo eran favorables para las plantas, sin embargo se supone que la absorción de agua no fue limitada por la textura del suelo, el porcentaje de agua obtenido en resultados no concuerda con la teoría que en influencia de la fase de Luna Llena debería haber mayor porcentaje de agua en la planta (Brown y Chow 1973, Alonso *et al.* 2012 y Casco 2013). Su naturaleza es aún objeto de debate, y el debate se está convirtiendo cada vez más complejo, lo que probablemente significa que una red de hormonas y otras respuestas al cosmos están implicadas en sintonizar el crecimiento y desarrollo con respecto a su entorno (Passioura, 2002). Este hecho sugiere que algún cambio periódico ambiental desconocido cambia directamente o indirectamente conectado con la posición de la luna (Abrami, 1972).

En este punto, uno puede preguntarse si la luna es directamente responsable de la acción (por ejemplo, a través de su luz débil o por la fuerza de la gravedad), o si actúa para mediar en las fuerzas que se originan en el cosmos como el electromagnetismo que puede ionizar el aire (Abrami, 1972), o en todo caso si necesita de otros factores para que su efecto sea notable, debido a que mientras la luna se encuentre más alejada a la tierra, la fuerza de gravedad de la tierra será más fuerte que la de la luna, atrayendo la savia de las plantas hacia la parte subterránea.

Los cambios en el crecimiento y cantidades de agua mostraron, que se deben realizar mayores estudios con respecto al control de dichos factores de confusión, eso se refleja en los valores extremos obtenidos en la experimentación; posiblemente sembrar tomando en cuenta las demás influencias cósmicas que permitirán la expresión de dichas fases, como lo hacían Ancestros Andinos (Kollerstrom 1977 y 1993).

Se sugiere para experimentos que usan control de la temperatura como una constante, que los efectos de la luna muestran mejor su expresión cuando las plantas no se ven controladas estrictamente; por ejemplo so meter a las plantas a 20 °C de forma constante durante todo su ciclo vegetativo, podría generar estrés en los individuos ya que expresarán la necesidad de pasar frío y calor variablemente, estas situaciones podrían generar reacciones alternas como el “factor desconocido” mencionado por Abrami (1972); sugiriéndonos que a mayor cantidad de respuestas alternas menor será la expresión de la periodicidad lunar porque la planta tendrá que equilibrar dichos espacios que le privan de su flujo natural; en este experimento si bien se controlaron dichos factores de confusión no se las igualaban a un solo valor, siendo así libres de su expresión natural para haber sido lo suficientemente fuertes y no contraer alguna plaga que usualmente son altamente susceptibles, de esta forma se llevó a cabo las enseñanzas de la agricultura biodinámica como menciona Steiner (1993).

En la agricultura moderna se plantan cultivos extensivos de inmensas hectáreas, proceso por el cual implica ciertos factores como la disponibilidad de maquinaria, mano de obra, época de lluvias, etc. mostrando dificultades en terminar dichas plantaciones en una sola fase lunar; por lo tanto si nos guiamos por los resultados de este trabajo, deberíamos plantar el *Raphanus sativus* durante la Luna Descendente tomando así catorce días para poder sembrar dicha demanda y teniendo una leve variación de producto final en biomasa subterránea entre el Cuarto Menguante y Nueva.

## CONCLUSIONES

Se logró cumplir el objetivo del proyecto, comprobando que los saberes andinos y de muchas culturas tienen una base científica por explicar. Las condiciones y recursos que fueron proporcionadas a las plantas eran lo suficientemente favorables para que realicen un buen funcionamiento de su ciclo vegetativo,

sin embargo existió una gran desviación estándar en todas las variables utilizadas que no pueden ser fácilmente explicadas, es por eso que se sugiere un mayor estudio con respecto a los factores de confusión; queda aún en controversia, el saber si la expresión notable del influjo lunar son simplemente de las variables que provengan de la misma o que se deba a un conjunto de relaciones entre eventos individuales que coadyuven a su expresión y que varíe de acuerdo a su conjugación en espacio-tiempo con otros factores cósmicos.

Tras haber revisado una bibliografía extensa se concluye que el efecto de las fases lunares es un factor aceptado por la ciencia y que se lo debe tomar en cuenta; también se ven mayores efectos si se aumenta el número de muestra; los futuros trabajos de investigación científica deberían tomar las influencias cósmicas como posibles factores de confusión en caso de que puedan influir y también se sugiere realizar el cálculo de evaporización de agua para poder determinar de cierta forma el proceso de absorción de agua por la planta.

La influencia de las Fases Lunares no afectan en el porcentaje de germinación, a priori se piensa que podría haber una diferencia en el tiempo en que tardan en germinar, con la propuesta que Luna Llena sería donde germinen más rápido.

La variable que mostró una diferencia significativa es la biomasa subterránea siendo la variable más importante para el ámbito de la agricultura debido a que el bulbo es la parte que se consume en el mercado, de esta forma se encontró periodicidad lunar (hipótesis) en el *Raphanus sativus* siendo la “Luna Nueva” la mejor época para sembrarlo; por otra parte es un campo amplio donde falta mucho por investigar para poder aplicar en el ámbito de la agricultura moderna, bioindicadores y relojes Biológicos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ph.D. Álvaro Garitano-Zavala Burgos por su valioso tiempo que empleó para enseñarme el método científico; a la Unidad de Suelos del Instituto de Ecología por prestarme los materiales necesarios para el análisis de suelo; a Ruth Eliana Quispe Hilarico y Mariela Escobar Torrez quienes me colaboraron con los protocolos de laboratorio para el análisis de suelo y a todas las personas que me ayudaron noblemente durante el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrami, G. 1972. Correlations between lunar phases and Rhythmicities In Plant Growth Under Field Conditions. *Canadian Journal Of Botany*. 5: 2157-2166.
- Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Lane, C.E., Lukes, L., Bass, D., Bowser, S.S., Brown M.W., Burki, F., Dunthorn, M. Hampl, V. Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E. Gall, L.L., Lynn, D.H., Mcmanus, H., Mitchell, E.A.D., Mozley-Stanridge, S.E., Parfrey L.W., Pawlowski, J., Rueckert, S. Shadwick, L. Schoch, C.L., Smirnov, A. Y Spiegel F.W. 2012. The Revised Classification of Eukaryotes. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 59(5):429-493.
- Alonso, J., Febles, G. y Ruiz, T.E. 2002. Efecto de la fase lunar en el establecimiento de piñón Florido (*Gliricidia sepium*) como cerca viva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36(2): 187-191.
- Al-Musawi, L.I. y Wagner, E. 2012. Seasonal and Lunar Variation in the Emergence Time of a Population of *Ucalactea annulipes* (Milne-Edwards, 1837) at a Shore in Kuwait. *Chronobiology International*. 29(4): 408-414.
- Andrades, R. M. 2012. Prácticas de edafología y climatología. Universidad de la Rioja. Madrid-España.
- Barlow, P.W. Klingelé, E., Klein, G. y Mikuleckýsen, M. 2008. Leaf movements of bean plants and lunar gravity. *Plant Signaling and Behavior* 3:12, 1083-1090.
- Barlow, P. y Fisahn, J. 2012. Lunisolar tidal force and the growth of plant roots and some other of its effects on plant movements. *Annals of Botany* 110: 301-318.
- Beeson, C.F.C. 1946. The Moon and Plant Growth. *Nature* Vol. 158. pp. 572-573.
- Brown, Jr., F. A., y Chow, C. S. 1973. Lunar Correlated Variations in Water Uptake in Bean Seeds. *Biological Bulletin*, 145: 265-278.
- Bünning E. y Moser I. 1968. Interference of moonlight with the photoperiodic measurement of time by plants, and their Adaptive reaction. *Botany*. 62: 1018-1022.
- Brown, F. A., Marguerite, H. W., Bennett, M. F. 1955. Proof For An Endogenous Component In Persistent Solar And Lunar Rhythmicity In Organisms. *Zoology*. 41: 93-100.
- Casco, O. D. 2013. Evaluación del desarrollo de estacas de mora de castilla (*rubus glaucus* b) con tres tipos de sustratos en las cuatro fases lunares en el cantón chillanes. Tesis para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Universidad estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador. p. 100.
- Cesare, S. A., Porro A. and Valenzi V. 2011. Influence of lunar and sidereal effects on agro-industrial processes: an health check of the research activities. IX International Crimean Conference "Cosmos And Biosphere", Disponible en: [www.biophys.ru/archive/crimea2011/abstr-p295.pdf](http://www.biophys.ru/archive/crimea2011/abstr-p295.pdf). Revisado 13/09/2013.
- Chambi, P. W. 1997. La luna como acompañante en la crianza de Plantas y animales. pp. 79-86. En: Van, K. J., Larrín, B. H. (eds). *Tecnología Andina*. 49º Congreso Internacional de Americanistas. Quito-Ecuador.
- Chilon, E. 1996. Manual de edafología. CIDAT. La Paz-Bolivia
- Chinlapianga, M. 2011. Traditional knowledge, weather prediction and bioindicators: A case study in Mizoram, Northeastern India. *Indian J. of Traditional Knowledge*. 10: 207-211.
- Cochrane, T. y Barber, R. 1993. Análisis de suelos y plantas tropicales. El País. Santa Cruz-Bolivia.
- Cole, Ian. 2010. Lunar Influence: Understanding Chemical Variation and Seasonal Impacts on Botanicals. *American Botanical Council*. 85: 50-56.
- Cole, I. B., y Balick, M. J. 2010. Lunar Influence: Understanding Chemical Variation and Seasonal Impacts on Botanicals. *Herbal Gram*. 85: 50-56.
- Crawford, E. A. 1989. *The Lunar Garden: Planting by the Moon Phases*, NY: Weidenfeld and Nicholson. pp. 9-26 and 47-50 Disponible en: [http://kaykeys.net/spirit/earthspirituality/moon/moons\\_eed.html](http://kaykeys.net/spirit/earthspirituality/moon/moons_eed.html). Revisado el 13/09/2013.
- Deep, K. Y Mittal, R. 2014. Macronutrient K Variation In Mung Bean Sprouts With Lunar Phases. *European Scientific Journal*. 10(9): 295-306.
- Endres, K. P., y Schad, W. 2002. *Moon Rhythms in Nature: How Luna Cycles Affect Living Organisms*. Edinburgh, Great Britain: Floris Books.
- FAO. 2006. Suelos. Disponible en: [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s00.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s00.htm) Revisado el 27/10/2013.
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos 4ta edición. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma-Italia.
- FAO. 2011. Manual técnico: Producción Artesanal de Semillas de Hortalizas para la Huerta Familiar. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago-Chile.

- Fonseca, G. W., Alice, G. F., Rey, B. J. M. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (Valdivia)*. Costa Rica. 30(1): 36-47.
- Gonzales, B. M. 2009. Salud y Agricultura Biodinámica de los Ancestros Andinos. Weinberg S.R.L. La Paz-Bolivia.
- González, F. A. y Ortiz, C. V. 2002. Influencia de las fases lunares en el crecimiento y la producción de la Yuca (*Manihotesculentacrantz*) en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Earth. Guácimo-Costa Rica. p. 43.
- Graviou, E. 1978. Analogies between Rhythm, in Plant Material in Atmospheric Pressure and Solar-Lunar Periodicities. *International Journal of Biometeorology*. 22 (2): 103-111.
- InfoagroSystems S.L. 2013. Rábano, Rábanos, Rabanillo, Rabanito, Nabo chino. Disponible en: <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/rabano-rabanos-rabanillo-rabanito-nabo-chino.htm> Revisado 09/08/2013.
- Keeling, P.J. 2013. The Number, Speed, and Impact of Plastid Endosymbioses in Eukaryotic Evolution. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64:583-607.
- Klein G. 2004. Farewell to the Internal Clock: A Contribution in the Field of Chronobiology. New York, NY: Springer.
- Kofoed, C. A. 1908. Plankton of the Illinois River. *Bull. III. State Lab. Nat. Hist.* 8: 1.
- Kolisko, L. 1936. The Moon and the Growth of Plants. Bray-on-Thames: Anthroposophical Agricultural Foundation.
- Kollerstrom, N. 1977. Zodiac rhythms in plant growth: potatoes. *Mercury Star Journal*, London, 3: 50–53.
- Kollerstrom, N. 1980. Plant response to the synodic lunar cycle: A review. *Cycles, Bulletin of the Foundation for the Study of Cycles*, 31(3), 61–63.
- Kollerstrom, N. 1993. Testing the lunar calendar. *Biodynamics*, 44–48.
- Kollerstrom, N. y Staudenmaier, G. 1998. Mond-Trigon-Wirkung: eine statistische Auswertung. *Lebendige Erde*, November 1998, 478–483.
- Kollerstrom, N. y Staudenmaier, G. 2001a. Evidence for Lunar-Sidereal Rhythms in Crop Yield: A Review. *Biological Agriculture and Horticulture*. 19: 247–259.
- Kollerstrom, N. y Staudenmaier, G. 2001b. Mond in Tierkreis: anders rechnen – andere Ergebnisse. *Lebendige Erde*. 48–49.
- Lieber, A. y Lassaletta, R. 1980. El influjo de la Luna. Ed. Edaf. España-Madrid.
- Liu, H., Yu C.Y., Manukovsky, N.S., Kovalev, V.S., Gurevich Y.L., y Wang, J. 2008. A conceptual configuration of the lunar base bioregenerative life support system including soil-like substrate for growing plants. *J. Adv. Space Res.* (2008), doi:10.1016/j.asr.2008.03.020
- Nowinszky, L., Szabó S., Tóth G., Ekk, I. Y Kiss, M. 1979. The effect of the moon phases and of the intensity of polarized moonlight on the light-trap catches. *Z. angew. Ent.* 88(1979):337-353.
- Martínez, L. F., Meléndez, F. M. Luna, G. B., González, E. L. 2012. Influencia de las Fases Lunares sobre el Rendimiento Del Maíz (*Zea Mays* Variedad Nb6). *Ciencia E Interculturalidad*. Vol. 10. Año 5. No. 1. pp. 132-148.
- Mather, M. 1942. The effect of temperature and the Moon upon seedling growth. *Journal of the Royal Horticultural Society*, 67: 264–70, 2124–2128.
- Mather, K. y Newall, J. 1941. Seed Germination and the Moon. *Journal of the Royal Horticultural*. No. 66. p. 358-66.
- Maw, M. 1967. Periodicities in the influences of air ions on the growth of garden cress. *Canadian Journal of Plant Science*, 47: 499–505.
- Munro, F. H. 1924. Lunar Periodicity in Reproduction. *Proc. R. Soc. Lond. Bio. Sciences*. 95: 523-550.
- Punam, P., Kumar, R., Sharma, S. y Atul D. 2012. The Effect Of Organic Management Treatments On The Productivity And Quality Of Lemon Grass (*Cymbopogon Citratus*). *Journal Of Organic Systems*, 7(2):36-48.
- Passioura B. J. 2002. Soil conditions and plant growth. *Plant, Cell and Environment*. 25: 311–318.
- Plaster E. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Ed. Paraninfo. Madrid-España.
- Rosignol, M., Tizroutine, S., y Rosignol, L. 1990. Lunar cycle and nuclear DNA variations in potato callus. In G. J. M. Tomassen (Ed.), *Geo-Cosmic Relations* (pp. 116-126). Holland: Pudoc.
- Sarton, G. 1939. Lunar Influences on Living Things. *En Isis*, N°30.
- Sidney, S. E. 1947. Chemical effects of moonlight. *Nature*. 159(4044): 213.
- Spiess, H. 1990a. Chronobiological investigations of crops grown under biodynamic management. 1. Experiments with seeding dates to ascertain the effects of lunar rhythms on the growth of winter rye. *Biological Agriculture and Horticulture*, 7: 165–178.
- Spiess, H. 1990b. Chronobiological investigations of crops grown under biodynamic management II. On the growth of little radish. *Biological Agriculture and Horticulture*, 7: 179–89.
- Spiess, H. 2000. Lunar Rhythms and Plants. *Oekologie and Landbau*, 229(3): 19-22.

- Steiner, R. 1993. What is Biodynamic?. Translated by C. Cregerand M. Gardner, Biodynamic Farming and Gardening Association; Kimberton, U.S.A.
- Tal, O., Haim, A., Harel, O., and Gerchman, Y. 2011. Melatonin as an antioxidant and its semi-lunar rhythm in green macroalga *Ulva* sp. *Journal of Experimental Botany*. 62(6): 1903–1910.
- Torres, A. 2012. Influencia de la Luna en la Agricultura. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Cuenca-Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuenca-Ecuador. p. 79.
- Vignote, P. S., Villasante, A., Ferrer, D. 2010. Influence of the lunar phase of tree felling on humidity, weight densities, and shrinkage in hardwoods (*Quercus humilis*). *Forest Products Journal*. 60(5): 17-60.
- Vesala, T., Sevanto, S., Paatero, P., Nikinmaa, E., Perämäki, M., Ala-Nissilä, T., Kääriäinen, J., Virtanen H., Irvin, J. Y Grace, J. 2000. Do tree stems shrink and swell with the tides?. *Tree Physiology*. 20:633–635
- Vogt Kristiina A., Beard Karen H., Hammann Shira, Palmiotto Jennifer O'Hara, Vogt Daniel J., Scatena Frederick N. and
- Wolfgang, S. 2002. Indigenous Knowledge Informing management of Tropical Forests: The Link between Rhythms
- in *Plant Secondary Chemistry and Lunar Cycles*. *Ambio* 31(6):485-490.
- Zürcher, E. 1992. Rhythmicities in the Germination and Initial Growth of a Tropical Forest Tree Species (in French with a German summary). *Schwei. Z. Forstwes.* 143(12):951-66.
- Zürcher, E. 1998. Chronobiology of trees: Synthesis of traditional phytopractices and scientific research as tools of future forestry. *Endogenous Development and Bio-cultural Diversity: IUFRO Extension Symposium*. Blacksburg, VA. 1998:256–267.
- Zürcher, E., M.-G. Cantiani, F. Sorbetti-Guerri and D. Michel. 1998. Tree stem diameters fluctuate with tide. *Nature* 392:665–666.
- Zürcher, E. 2000. Moon-Related Traditions in Forestry and Corresponding Phenomena in Tree Biology. (In German, English summary) *Schweiz. Z. Forstwes.* 151(11): 417-424. <http://dx.doi.org/10.3188/szf.2000.0011>
- Zürcher, E., y Mandallaz, D. 2001. Lunar synodic Rhythm and Wood Properties: Traditions and Reality. In Isabelle Quentin (Ed.), *L'arbre 2000. The Tree*. (pp. 244- 50) 4th International Symposium on the Tree, 20-26 August, 2000. Montreal: Institut de recherche en biologie végétale / Montréal Botanical Garden 2001.
- Zürcher, E., Schlaepfer, R., Conedera, M., y Giudici, F. 2010. Looking for differences in wood properties as a function of the felling date: lunar phase-correlated variations in the drying behavior of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) and Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *TREES*. 24: 31-41. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-009-0376-2>
- Zürcher, E. 2011. Plants and the Moon - Traditions and Phenomena. *American Botanical Council – HerbalEgram*, 8(4). *Nature*. 392:665-66. <http://dx.doi.org/10.1038/33570>
- Zürcher, E., Rogenmoser, C., Soleimany Kartalaei, A., y Rambert, D. 2012. Reversible Variations in Some Wood Properties of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.), Depending on the Tree Felling Date. In K. I. Nowak y H. F. Strybel (Eds.), *Spruce: Ecology, Management and Conservation* (pp. 75-94). Hauppauge, New York: Nova Science Publishers.
- Zürcher, E. y Schlaepfer, R. 2014. Lunar Rhythmicities in the Biology of Trees, Especially in the Germination of European Spruce (*Picea abies* Karst.): A New Statistical Analysis of Previously Published Data. *Journal of Plant Studies*. 3(1):103.

## **Baccharis incarum and fungus Arbuscular Mycorrhizal symbiotic relationship for land fallow in the Bolivian highland**

*Relación simbiótica de Baccharis incarum y hongos Arbuscular Mycorrhizal en parcelas en descanso en el altiplano Boliviano*

Angulo-Veizaga, W.V.<sup>1</sup> y Garcia-Apaza, E.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Institute of Ecology, San Andrés Major University, Calle 27 s/n Cota Cota, La Paz, Bolivia

<sup>2</sup> Ecology Department, Alicante University, Alicante, Spain, e-mail: e.garcia@ua.es

\*Corresponding author

### **Abstract**

Arbuscular Mycorrhizal (AM) fungi were studied from a natural soil rhizosphere of *Baccharis incarum* sampled from fallow plots in the Bolivian highland (Pumani community in La Paz department). In these ecosystems, farmers had developed a system of communal crop rotation which includes a land fallow that goes till 30 years. The host species in their crown diameters, age, and fallow effects over VAM fungal diversity and colonization were analyzed. Among the genus of fungus VAM that were identified (*Glomus*, *Gigaspora* and *Scutellospora*) in the rhizospheric soil, the highest population in these soils was for *Glomus*. Density of mycorrhizal fungi was found to be strongly influenced with fallow years, although plant age, initial fallow period of the plots and fungus genus had a variable effect on the mycorrhizal colonization. Whereas land degradation produced by crops and grassing is closely regulated by this symbiotic relationship and farmers had the habit to rest the soils to restore its fertility to an agreed standard, generally among farmers such labours of land fallow are mandatory for the members of the community to continuous the agriculture works.

**Key words:** Mycorrhiza, fallow plots, *Baccharis incarum*, rhizospheric soil, hyphae infection, land recuperation.

### **Resumen**

Se estudiaron los hongos Micorrízicos Arbusculares (MA) en suelos rizosféricos naturales de *Baccharis incarum*, muestreados de parcelas de barbecho en el altiplano boliviano (comunidad de Pumani, del departamento de La Paz). En estos ecosistemas, los agricultores han desarrollado un sistema de rotación de cultivos comunales que incluye un barbecho de la tierra que va hasta los 30 años. En la especie estudiada se analizaron parámetros como el diámetro de la copa, edad, y los efectos de descanso sobre la población de la diversidad fúngica y la colonización de los hongos VAM. Entre los géneros de hongos VAM que se identificaron (*Glomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora*). Se encontró que la densidad de hongos micorrízicos está fuertemente influenciado con los años de descanso, aunque la edad de la planta, el período de barbecho inicial de las parcelas y los hongos del género tuvieron efectos variables sobre la colonización de micorrizas. Mientras que la degradación del suelo producida por los cultivos y el pastoreo están estrechamente reguladas por esta relación simbiótica, los agricultores acostumbran descansar los suelos para restaurar su fertilidad a un nivel en el que es posible utilizarlos. Por lo general, entre los agricultores tales labores de descanso de la tierra son obligatorias para los miembros de la comunidad.

**Palabras clave:** Micorrizas, parcelas de barbecho, *Baccharis incarum*, suelo rizosférico, infección, hifas, recuperación de suelos.

## INTRODUCTION

Land degradation has generally been defined from the functional perspective of agricultural, horticultural or forestry uses of land. These definitions emphasize soil properties rather than landscapes. Lal and Stewart (1992) suggest that soil degradation implies diminution of productive capacity through intensive use leading to changes in soil physical, chemical and biological processes. Blum (1998) takes a different approach and defines soil degradation as a loss or reduction of soil energy. Conacher and Conacher (1995) defined land degradation more broadly as alteration to all aspects of the natural (or biophysical) environment by human actions, to the detriment of vegetation, soils, landforms, water and ecosystems. Their definition whilst broadly encompassing and overlooks the significant cultural or archaeological heritage contained within land and landscapes which can be degraded or compromised by inappropriate land use, such as the intensive use of the land. Notwithstanding these differences, all definitions of land degradation include the notion of detrimental change in land or soil conditions and the actions of humans.

Most authors recognize that soils are a finite and non-renewable resource (Lal and Stewart, 1992) and this is central to the notion of land degradation. Hence, the challenge for sustainable use of existing land resources embraces both the avoidance of degrading processes, and the restoration of previously degraded land. The formerly it is used normally in the highland for restoring the soil fertility. For instance, the term restoration in this study is used as a generic term after the usage of Hobbs and Jasper (1996) whose suggest that restoration occurs along a continuum and that different activities are simply different forms of restoration. Restoration will usually focus on restoring ecosystem functions such as nutrient cycling, hydrological balance, and ecosystem resilience (Hobbs, 2002), although restoring the original flora may on occasions be a realistic and appropriate goal.

In the Bolivian highland there are three different ecosystems: the north, central and south, so called "altiplano". Part of the central highland is characterized to have high climatic risks (freeze periods that produce, sometimes, loss of whole crop, hail that cause loss of the vegetation, variable and scarce precipitations) and intensive land use causing overgrazing and over extraction of plants for firewood. Overgrazing and intensive use for crops lead the soils to be left without vegetation covering, consequently ready for eolic and hydrological erosion in particular in plateau plains and

slopes, respectively. In the former, it happens in windy periods a huge dust transportation in a similar way of large storm. For the last, in rainy periods, due to the lack of vegetation covering, a hydrological erosion occurs because the dragging of arable upper layer, leaving the soils poor in nutrients, and therefore, making difficult its fertility recovering. For this reason, farmers seated in these places conserve in their cultivation plots a system of communal rotation that includes a rest of the land from 3 to 23 years. In this sense, the land rest seems to allow the recovering of soil degradation, but supported by a natural fungal colonization on the plant rhizosphere.

In the first years of fallow plots, the soils begin to be colonized by seeds of native plants such as the *Baccharis incarum* that it is well adapted to the climatic and soil conditions of the highland. The development of these plants avoids the eolic and hydrological soil erosion, which in mature conditions work as a windy break, making the freeze effects low and gives to the soil a contribution of organic matter.

The *Baccharis incarum* develop at root level a mutual symbiosis with the arbuscular mycorrhizal fungi. In which processes the fungus by means of their fungal hyphae (Graham *et al.* 1982) increase the exploration surface and absorption of all the mineral elements. Those absorptions occurs mainly to the less soluble ions such as the copper, zinc and phosphorus, making possible the nutrition of plants in poor soils; in this symbiosis the plant provides to the fungus an ecological niche (Mosse, 1973; Ferrera, 1978).

There is scarcity of mycorrhiza fungus studies for the highland ecosystems. The most refers the presence of arbuscular mycorrhiza in crop rotations (Sivila, 1993) and the relationship of the presence of spores AV with the fallow time (Sivila and Herve, 1995). Other Latin American studies on arbuscular mycorrhiza in the mountain range is the Venezuelan studies (Montilla *et al.* 1992) where they highlighted the importance of these fungus in the development and nutrition of plants. Until nowadays it has not been carried out studies of soil recuperation in the highland taking into account the symbiotic relationship of the *Baccharis incarum* native specie and the arbuscular mycorrhizal fungus present in the fallow lands. Because these considerations, the aim of the present work was to evaluate the percentage of spores of arbuscular mycorrhizal fungus in the rhizosferic fallow soil of *Baccharis incarum* and to evaluate the grade of endophytic arbuscular mycorrhization present in this host plant.

## METHODOLOGY

### *Location and description of the area study*

The Pumani community is located in the Central Highland of the Aroma Province, La Paz department, in Bolivia. This community was chosen because the plots with 4, 7, 9, 17, 20 and 23 fallow years. This place has a tropical cold weather type, the texture of the soil is sandy-loamy with stone presence in the hillsides and foot of hillsides (Brugioni, 1992) with low and moderate organic matter content according to the texture characteristics, topography, soil colour and predominant vegetation; most of arable soil are between 3800 and 3950 m above level of sea.

### *Plot selection and sampling*

Taking into account previous works carried out by Sivila and Herve (1995) after observations in each plot, we selected those plants that had the same height (18 cm) and the same diameter crown (20 cm) approximately, taking a total of 10 plants for each plot. All of them were marked with red tapes, making a total of 60 plants.

### *Rhizosferic soil and root host-plant sampling*

The rhizosferic soil and root host-plant sampling were carried out according the method of Bohn (1979). The sampled rhizosferic soils were kept properly in labelled plastic bags and roots conserved in flasks glass previously labelled and containing fixation solution of formol-acid acetic-alcohol (FAA) until their analysis in laboratory.

### *Soil analysis*

To know the physical and chemical soil characteristics an analysis in the laboratory of the Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) located in Santa Cruz city (Bolivia) were carried out. We analyzed the following parameters: pH, electric conductivity, free carbonates, interchangeable cations (Ca, Mg, Na, K), total interchangeable bases, cation effective exchange capacity, saturation of bases, acidity, aluminium, phosphorus, organic matter, total nitrogen and texture.

### *Spore evaluation in soil sample*

To know the number of spores in the soil of the fallow plots, we had mixed all samples obtained from all 10 plots to obtain a mixed sample. A portion of 25 g of combined sample underwent through the separation of spores using in the first stage of the method of Gerdeman and Nicholson (1963) which uses a sieve and decantation in humid; and for the second stage, the employment of pre-fractions of sieves on filtering membranes to facilitate the counting of spores.

Once obtained the samples in the filtering membranes, this was taken to the stereo microscope for their observation and quantification. The evaluation of spores of the soil samples was carried out with ten repetitions.

### *Taxonomic identification of the spores*

To identify the spores we used the arbuscular mycorrhiza fungi manual of Schenck and Perez (1990), which indicates the separation of the fungus according its genus. To identify the fungus we took into account the spore colour, hyphae insertion into the spore, bulb presence or bulb absence, bulb form and spore size.

### *Evaluation of the mycorrhization in root samples*

To determine the percentage of mycorrhiza infection in the plant root, we used two stages: 1) to observe the infection, we tint the roots and afterwards a clear up of them; and 2) the mycorrhization grade in the *Baccharis incarum* specie was carried out using the method of Mosse (1973) denominated intersection of quadrants. This evaluation was carried out with ten repetitions.

### *Statistical analysis*

For the statistical analyses we used the standard deviation, mean standard error, correlation, regression, and the Tukey analysis. The hypothesis was that the difference between the fallow plots is not different from 0.

## RESULTS

### *Spore evaluation from the rizospheric soil in the fallow plots*

The spore evaluation from the rizospheric soils of *Baccharis incarum* it is shown in the Fig. 1. This evaluation shows that there was a positive increment in the average number of spores while the time increases. The highest number of spores was for the 23 year fallow plots with  $7.96 \pm 6.65$  spores in average. The lowest value was  $1.37 \pm 2.49$  spores found at 4 years fallow plots. The correlation between the average number of spores and the fallow years showed that for each year we can expect an increase of 320 spores ( $R^2=0.928$ ,  $p<1.27$ ) although the tendency of the spore

population could stabilize from 25 year ahead. In these years we can find a high density native plant population, showing the recuperation of the soil.

The statistical analysis of the Tukey test shows that there were significant differences between 4 and 23 years, 7 and 23 years, 9 and 23 years, and between 4 and 20 years without cropping.

### *Evaluation of root samples of extracted plants from fallow lands*

The VA evaluation at level of the root allows us to obtain the percentage of mycorrhizal infection in *Baccharis incarum* (Fig. 2).

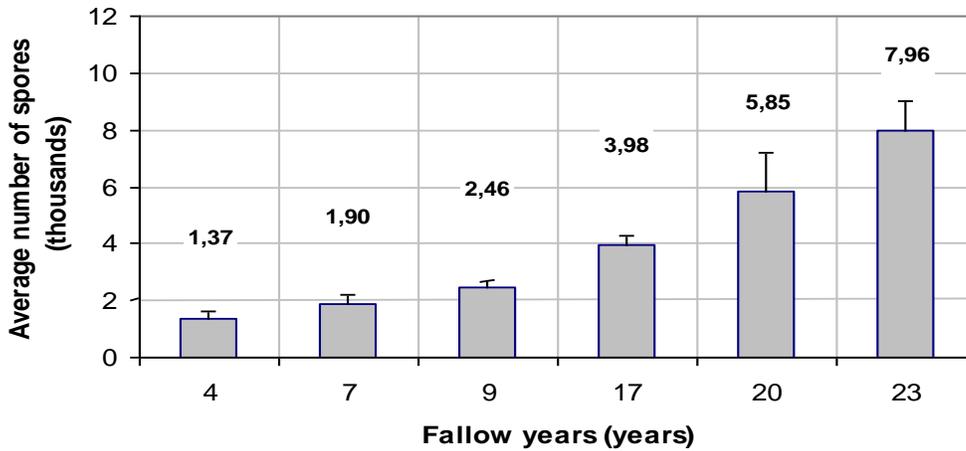


Fig. 1. Spore average number obtained from 100 g of soil sampled from fallow plots of the Pumani community.

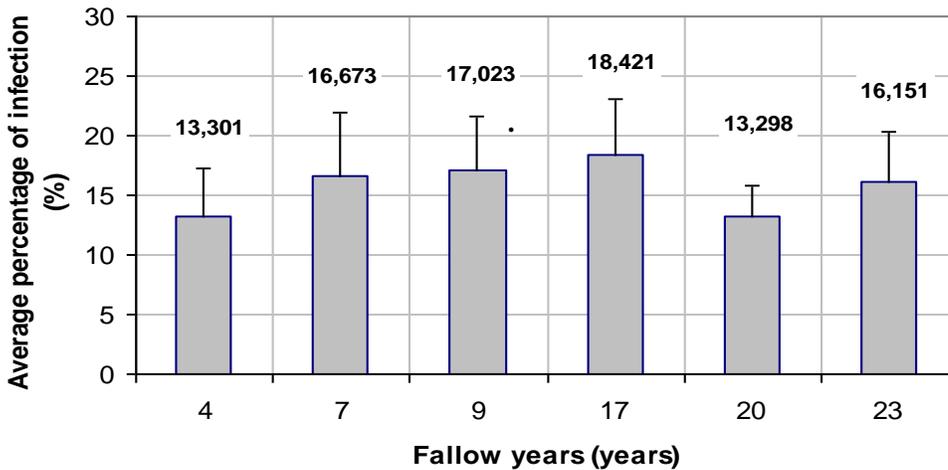


Fig. 2. Average percentage of root infection in *Baccharis incarum* obtained from fallow plots of the Pumani communi

**Table 1. Predominance of goods of spores in 100 grams of floor of the community of Pumani.**

Study areas	Average of spores/100 g of soil		
	<i>Glomus</i>	<i>Gygaspora</i>	<i>Scutello-spora</i>
Fallow plots of Pumani	904	720	384

We observed that there were small differences among the root infections. The Tukey test shows that it does not show significant differences.

*Spore gender VA identification in fallow soils of the community of Pumani.*

Once it was identified the spores by gender, we find what shows us the Table 1.

## Physical-chemical analysis of soil

The physical-chemical analyses were carried out in the laboratories of the Center of Agricultural tropical Investigation, the results show that they are floors sour, strong salinity, Mg and Na in low quantities, present match in low quantity, poor in organic matter and total nitrogen.

## DISCUSSION

According to sustainable plant-soil ecosystems occur when utilization of mineral resources by the plant is balanced by efficient biogeochemical cycling, such that nutrients are not rapidly exhausted and plant communities can exist in a stable form for prolonged periods. According to these authors, the concept of sustainability in agriculture aims to conserve the productive capacity of the soil, minimizing energy and resource use, and optimising the rate of turnover and cycling of matter and nutrients.

The importance of AM fungi is based on their role as a link between plant and soil (Bethlenfalvai and Linderman, 1992). With this link, AM fungi can help the plants to exploit more nutrients and water from the soil, which would not be exploited by the roots with no AM association. In this case AM symbiosis can increase the opportunity the exploration of P which will be used by the plant (Miller *et al.* 1995,

Arihara and Karasawa 2001, Miyasaka and Habte 2001).

Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungi are important in sustainable agriculture because they improve plant water relations and thus increase the drought resistance of host plants (Allen and Allen, 1986; Nelsen, 1987), they improve disease control (Linderman, 1994), and they increase mineral uptake, which reduces the use of fertilizers (Ruiz-Lozano *et al.*, 1995). Improved plant water status and changes in water relations have been attributed to a wide variety of mechanisms, including some mechanisms not directly related to phosphorus nutrition or water uptake (Davies *et al.*, 1992, Smith and Gianinazzi-Pearson, 1988). Little is known about the physiological specialization and functioning of these soil microorganisms.

The figure 1 present the number of spores average of 10 repetitions of the community of Pumani in parcels of 4, 7, 9, 17, 20 and 23 years of rest, where the number of spores goes being increased as the fallow years goes increasing. We observe that in 4 year-old lands the number of spores is smaller with relationship to lands with 23 years of fallow.

The statistical analysis for repetitions indicates us, a positive and lineal correlation and that result is showing that the years of fallow plots have a proportional effect on the number of spores in the rhisopheric soil. Applying the test of Tukey for 1% level we show a high significant difference between the number of spores of 23 years fallow plots and the values of 4, 7 and 9 years fallow plots.

This result confirms what Sivila and Herve (1994) observed in the same area. The fallow plots from 1 years until 30 years is different because the lack of vegetation in first years of the fallow plots. The next years the spores of MVA do not germinate but rather they remain in latency. Afterwards, while the fungi do not find a host they finish perishing. Once occurs the establishment of the native flora, the mycorrhiza spores are stimulated by the root of these hosts, beginning the vital cycle that allows the reproduction of the spores in the soil.

According studies done for soil, the years of fallow plots and plant age affects the population of spores. Because those factors, the germination can generally be good or bad. In addition, one can say, *Baccharis incarum* and the fungi MVA have developed adaptations efficient ecophysiology as Sivila (1993) mentions. This is seeing on the native plots with *Baccharis incarum*, because in the beginning, the spores do not colonize all sites and as the fallow years happens the spores grows more in quantity.

Although the number of spores seems to be a possible indicator of the reestablishment of the biological fertility of the soil (Sivila and Herve, 1995), the present study do not show other correlation with climatic factors, which could be other parameter taken into account for next research.

The mycorrhiza colonization (Fig 2) shows that until 17 years of fallow the colonization percentage have an increment; afterwards it shows a decrement from 20 years.

Carrying out the analysis of the correlation between the infection and the fallow years, we observed a high association among the variables from 20 and 23. The statistical analysis of test Tukey at 5% shows that there is no significant differences among the fallow years. In this sense, one can show off that the fallow years do not influence on the percentage of colonization of the roots of *Baccharis incarum*. This behaviour of colonization in the fallow plots could be because the mycorrhiza activity it is not the same in all plots. The mycorrhization depends also by the soil characteristic, climatic, morphological and physiologic conditions of the host. Sivila (1993) indicates that the colonization of the plant roots can be affected by the climatic and soil characteristics.

We found no relationship between percentage of colonization and fallow years. That could be explained by the relationship between *Baccharis incarum* and the factors that stimulate the growth and mycelium ramification of the fungi MVA as indicates Vierheilig and Ocampo (1990).

The presence of *Glomus* is typical for cultivated and fallow soils (Azcón and Barea, 1980), on other words, soils intensively used. Several research show that under semiarid conditions, soil nutrients become less available due to water stress (Barber, 1984) and plant survival depends on the plant strategy to overcome the nutrient and water deficit. The differential capacities of plant types to access soil nutrients include differences in the surface area of contact between roots and soil and the composition and amount of root exudates (Jones *et al.*, 2004), rhizosphere microbiota (Rengel and Marschner, 2005) and the ability of plants to interact and select symbiotic microorganisms (Jones *et al.*, 2004; Van der Heijden *et al.*, 1998).

Arbuscular mycorrhizal fungi are able to improve nutrients and water acquisition ability assuring the survival and plant growth (Augé *et al.*, 1987) and also play an important role in nutrient cycling improving structural soil characteristics (Hodge *et al.*, 2001).

## CONCLUSIONS

- a) There is a high association between the number of spores and the fallow years in the plots of Pomani.
- b) The *Glomus* genus were dependent of plant type (mainly *Baccharis*) and soil management, which allow it to be used as soil quality indicator under semiarid conditions.
- c) Based on MVA populations as indicator the recuperation procedure appears to be developing towards the fallow plots.
- d) A low mycorrhizal colonization it is observed in the first fallow years and the beginning of growth plants.
- e) There is a good relationship between *Baccharis incarum* and the MVA fungi that shows a role for soil recuperation in the highland.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The Ecology Institute from San Andres Major University supported this research. The authors are grateful to LIDEMA (League of Environmental Defence) and ASDI (Swedish International Development Cooperation Agency) for its invaluable support.

## BIBLIOGRAPHY

- Allen E B, and Allen, MF. 1986. Water relations of xeric grasses in the field: interactions of mycorrhizas and competition. *New Phytol.* 104:559–571.
- Arihara, J. and T. Karasawa. 2001. Phosphorus nutrition in cropping systems through arbuscular mycorrhizal management. In: *Plant Nutrient Acquisition: New Perspectives* (Ed. Ae N, Arihara J, Okada K, and Srinivasan A) pp. 319–337 (Tokyo, Japan: Springer-Verlag).
- Augé, R.M., Schekel, K.A., Wample, R.L., 1987. Leaf water and carbohydrate status of VA mycorrhizal rose exposed to drought stress. *Plant Soil* 99, 291-292.
- Azcon G. y Barea M. 1980. Micorrizas revista Investigación y ciencia Edición Española Barcelona, Prensa Científica S.A. edit. Agosto 1980 No 47, Pg.8-15.
- Barber, S.A. 1984. *Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach*. John Wiley and Sons, New York.
- Bethlenfalvay GJ and Linderman RG. 1992. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. ASA Special Publication Number 54 (Madison, Wisconsin (USA): American Society of Agronomy, Inc.).
- Blum WH. 1998. Basic concepts: Degradation, resilience, and rehabilitation. In 'Methods for Assessment of Soil Degradation' (Ed. R. Lal, WH Blum, C Valentine and BA Stewart) pp.1-16. (CRC Press, Boca Raton).
- Brugioni I. 1992. Determinantes de la rotación del descanso para la siembra de papa en una comunidad del Altiplano Central Boliviano. Informe No. 31. ORSTOM Pg. 1-69.
- Conacher AJ and Conacher RJ. 1995. 'Rural Land Degradation in Australia'. Oxford University Press, Melbourne.
- Davies FT, Potter JR and Linderman RG. 1992. Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. *J. Plant Physiol.* 139:289–294.
- Ferrera C. 1978. 'Dinámica de aparición de estructuras de endomicorrizas en *Caricapapaya* L.' Colegio de Postgraduados. Chapingo México 50 pag.
- Genderman J, Nicholson TH. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46:235-244.
- Hobbs RJ and Jasper DA. 1996. Towards a conceptual framework for Restoration Ecology. *Restoration Ecology* 4: 93-110.
- Hodge, A., Campbell, C.D., Fitter, A.H., 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413, 297-299.
- Jeffries P and Barea JM. 2001. Arbuscular mycorrhiza – a key component of sustainable plant-soil-ecosystems. In: 'The Mycota: A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research' (Ed. B. Hock) pp. 95-113. (Fungal Association. Berlin: Springer-Verlag).
- Jones, D.I., Hodge, A., Kuzyakov, Y. 2004. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. *New Phytol.* 163, 459-480.
- Lal R and Stewart BA. 1992. Need for land restoration. *Advances in Soil Science* 17: 1-11.
- Linderman RG. 1994. Role of VAM fungi in biocontrol, p. 1–26. In F. L. Pflieger and R. G. Linderman (ed.), *Mycorrhizae and plant health*. APS Press, St. Paul, Minn.
- Miller MH, McGonigle TP and Addy HD. 1995. Functional ecology of vesicular arbuscular mycorrhizas as influenced by phosphate fertilization and tillage in an agricultural ecosystem. *Critical Reviews in Biotech.*, 15(3/4):241-255.
- Miyasaka SC and Habte M. 2001. Plant mechanisms and mycorrhizal symbioses to increase phosphorus uptake efficiency. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32: 1101- 1147.
- Montilla M R, Herrera M, Monaster M. 1992. Micorrizas vesículo arbusculares en parcelas que se encuentran en sucesión – regeneración en los Andes Tropicales. *Plant and Soil*: 2:59-70.
- Mosse B. 1973. Advance in the study of vesicular arbuscular micorhyza. *In An. R. Phytopath.* 11:171-196.
- Nelsen CE. 1987. The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems, p. 71–79. In G. R. Safir (ed.), *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Rengel, Z., Marschner, P., 2005. Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting

- genotypic differences. *New phytol.* 168, 305-312.
- Ruiz-Lozano JM, Azcon R, Gomez M. 1995. Effects of Arbuscular-Mycorrhizal Glomus Species on Drought Tolerance: Physiological and Nutritional Plant Responses. *Applied and Environmental Microbiology*: 61 (2):456-460.
- Schenck N, and Perez Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3rd ed. 218 pag.
- Sivila de Cary. 1993. Comportamiento de la microflora del suelo bajo un agroecosistema de rotación de cultivo en la región de Hu araco. In *Revista Ecologica de Bolivia*. 15: 33-43.
- Sivila de Cary R and Herve D. 1995. El estado microbiológico del suelo indicador de una restauración de la fertilidad. In 'Dinámica del descanso de la tierra de los Andes' IBTA-ORSTOM. pg. 185-195.
- Smith SE, and V. Gianinazzi-Pearson. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 39:221-244.
- Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis. P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R., 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396, 69-72.
- Vierheilig H, and Ocampo JA. 1990. Effect of isothiocyanates on germination of spores of *G. mosseae*. *Soil Biol Biochem* 22:1 161-11

## Cambio climático y seguridad alimentaria, un análisis en la producción agrícola

*Climate change and food security, analysis of the agricultural production*

Dante Ayaviri Nina<sup>1\*</sup> y Pedro Vallejos Mamani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Oruro. Av. 6 de Octubre #5715 esq. Cochabamba, Oruro - Bolivia. E-mail: vdayaviri@gmail.com

\*Autor de correspondencia

### Resumen

La investigación se acerca a la medición de los efectos ambientales y su impacto en la seguridad alimentaria en la provincia Ladis lao Cabrera; para el presente estudio, se considera la producción de la quinua. El periodo analizado tiene que ver con las variaciones ambientales, y corresponde a 1992 – 2010. Para ello, se utilizan herramientas como las encuestas a la población a través del método participativo y los Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, Imágenes Landsat 5TM con proyección cartográfica UTM; a su vez, el Datum WGS 84 que fue definido para el trabajo cartográfico, mientras que para el trabajo de campo, se ha realizado levantamiento de información con GPS. Cada imagen fue homogeneizada geométrica y radiométricamente. Por otra parte, para la identificación de las coberturas vegetales se ha aplicado el algoritmo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, que permite observar los efectos y prospecciones en la frontera agrícola para los años 2015 -2025. Y, finalmente se presentan las conclusiones del estudio, haciendo hincapié en las consecuencias del cambio climático en la seguridad alimentaria de la población.

**Palabras clave:** Cambio climático, seguridad alimentaria, producción de quinua, provincia Ladis lao Cabrera.

### Abstract

This research aims to measure climate change effects and impact on food security in Ladis lao Cabrera Province, based on quinoa produce. The period under review goes from 1992 to 2010, for which, different tools have been used, such as, participatory surveys, Geographical and Tele-detection Information Systems, 5TM Landsat Images (UTM cartographic projections), and Datum WGS 84 for the cartographic work, while for field work GPS data was collected. Each image was geometrically and radio-metrically standardized. Also, for the identification of vegetation cover, a Standard Difference Vegetation Index Algorithm was used, allowing observing the effects and future agricultural frontier for 2015- 2025. Finally, research conclusions and findings are presented, putting emphasis on climate change effects and impact on people's food security.

**Key words:** Climate Change, food security, quinoa produce, Ladis lao Cabrera province.

## 1. INTRODUCCION

El concepto de seguridad alimentaria es un concepto clave en las distintas organizaciones de cooperación internacional, organismos públicos y privados, que permite focalizar la importancia y medir la situación alimentaria y nutricional de personas y grupos. En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, de 1996, se define en los siguientes términos: “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.”

Esta definición implica la disponibilidad de alimentos que se refiere a la existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, suministrados a través de la producción del país o de importaciones (comprendida la ayuda alimentaria). Acceso a los alimentos: Acceso de las personas a los recursos adecuados (recursos a los que se tiene derecho) para adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva. Estos derechos se definen como el conjunto de todos los grupos de productos sobre los cuales una persona puede tener dominio en virtud de acuerdos jurídicos, políticos, económicos y sociales de la comunidad en que vive (comprendidos los derechos tradicionales, como el acceso a los recursos colectivos). Utilización: Utilización biológica de los alimentos a través de una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica, para lograr un estado de bienestar nutricional en el que se satisfagan todas las necesidades fisiológicas.

Este concepto pone de relieve la importancia de los insumos no alimentarios en la seguridad alimentaria. Estabilidad: Para tener seguridad alimentaria, una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento. No deben correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas (por ej., una crisis económica o climática) ni de acontecimientos cíclicos (como la inseguridad alimentaria estacional) (FAO, 2001). De esta manera, el concepto de estabilidad se refiere tanto a la dimensión de la disponibilidad como a la del acceso de la seguridad alimentaria.

También se debe describir la constante preocupación del componente ambiental en la producción agrícola, se puede advertir una orientación cada vez más decidida para contrarrestar los efectos del cambio climático en la actividad agrícola. El cambio climático amenaza con efectos negativos importantes a la seguridad alimentaria en el mundo. El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Internacional sobre Cambio

Climático (IPCC – por sus siglas en inglés) - basado en la evaluación de variados estudios científicos – establece varias cuestiones críticas de los posibles impactos del cambio climático en la agricultura, especialmente en los países en desarrollo. Por otra parte, la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) también alerta sobre las consecuencias negativas, en las economías de pequeña escala como son los países del Sur, países en desarrollo. En este contexto, el Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas ha comenzado a examinar la cuestión de la responsabilidad de la comunidad internacional respecto a esta amenaza, y señala la imperiosa necesidad de una adaptación al cambio climático, otorgar apoyo a poblaciones vulnerables cuya necesidad se centra en la protección, fortalecimiento y construcción de capacidades en relación al cambio climático y sus fenómenos.

En este contexto, la presente investigación aborda el efecto del cambio climático en la seguridad alimentaria de la población de la provincia Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro, para un mejor análisis se contempla la producción de la quinua, gramínea y principal producto de cultivo de las familias de la región.

## 2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Determinar los efectos ambientales y su impacto en la seguridad alimentaria en la provincia Ladislao Cabrera, se analiza la situación de la producción de la quinua.

## 3. METODOLOGÍA

El área de estudio se halla ubicado al sur del departamento de Oruro, comprende una superficie aproximada de 7259,46 Km<sup>2</sup>, integra a dos municipios; el municipio de Salinas de García Mendoza y el Municipio de Pampa Aullagas. La zona se caracteriza por ser una zona árida y semiárida, según el SENAMHI, la precipitación media anual esta en el orden de los 304.8 mm/año y la temperatura media promedio en 8.3°C, en tanto que la humedad relativa esta alrededor de los 46.5% con vientos que fluctúan en promedio alrededor de los 2,3 km/h aunque es muy frecuente tener en el sector velocidades de 80 km/h, el mapa 1 muestra la ubicación geográfica de la zona estudio. El trabajo se desarrolla entre octubre de 2009 a diciembre de 2010. En principio se ha recopilado la información de la zona de estudio, posteriormente se

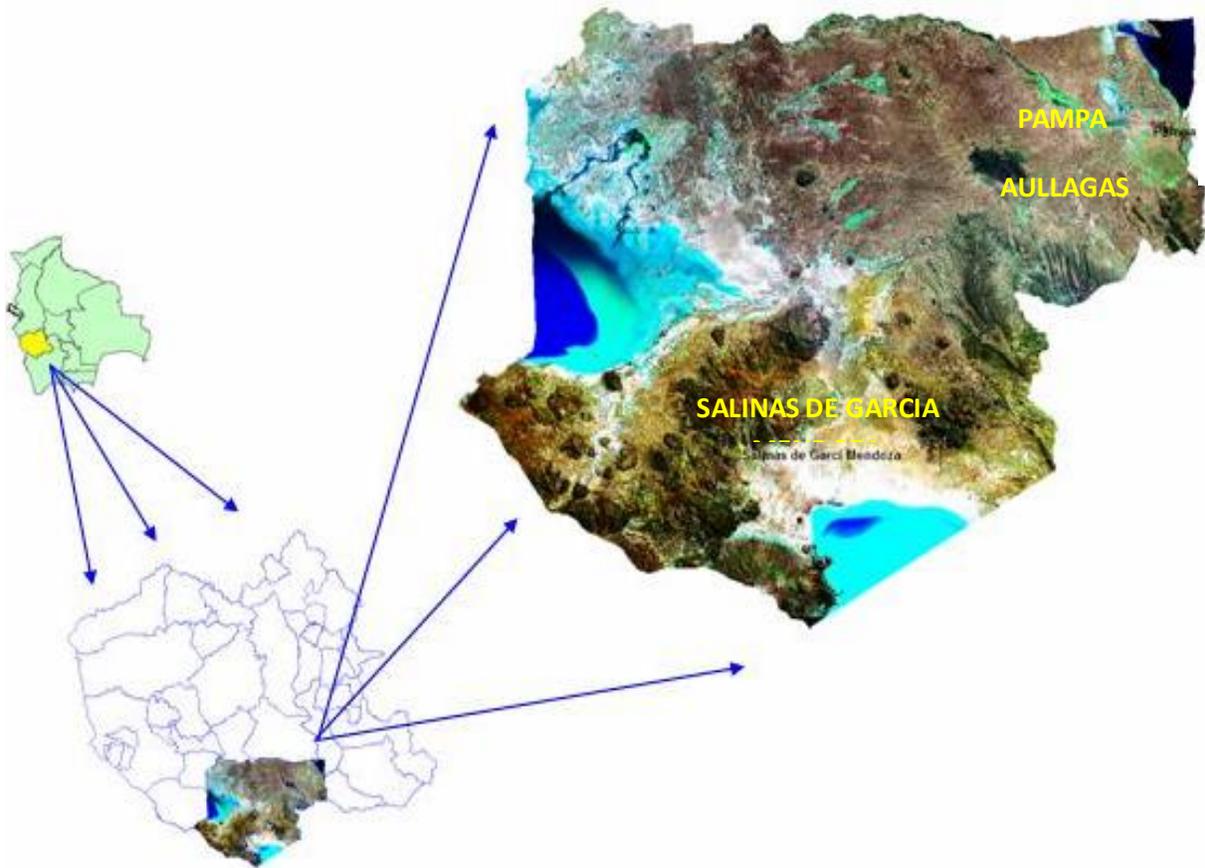
hizo una evaluación ambiental específicamente relacionada a la expansión de la frontera agrícola y cambio de uso de suelos y finalmente una evaluación social rescatando la percepción de los productores de quinua frente a las necesidades de las familias.

Para la evaluación ambiental se emplearon herramientas especializadas de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Imágenes Landsat 5TM de las fechas 18/04/1992, 12/03/1996, 08/04/2000, 02/03/2004, 10/02/2008 y 19/03/2010 con proyección cartográfica UTM – zona 19 y Datum WGS 84 que fueron definidos para el trabajo cartográfico, mientras que para el trabajo de campo se hicieron

levantamientos de información con GPS. Cada imagen fue homogeneizada geométrica y radiométricamente. Para la identificación de las coberturas vegetales se utilizó el algoritmo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada. Ver la siguiente figura:

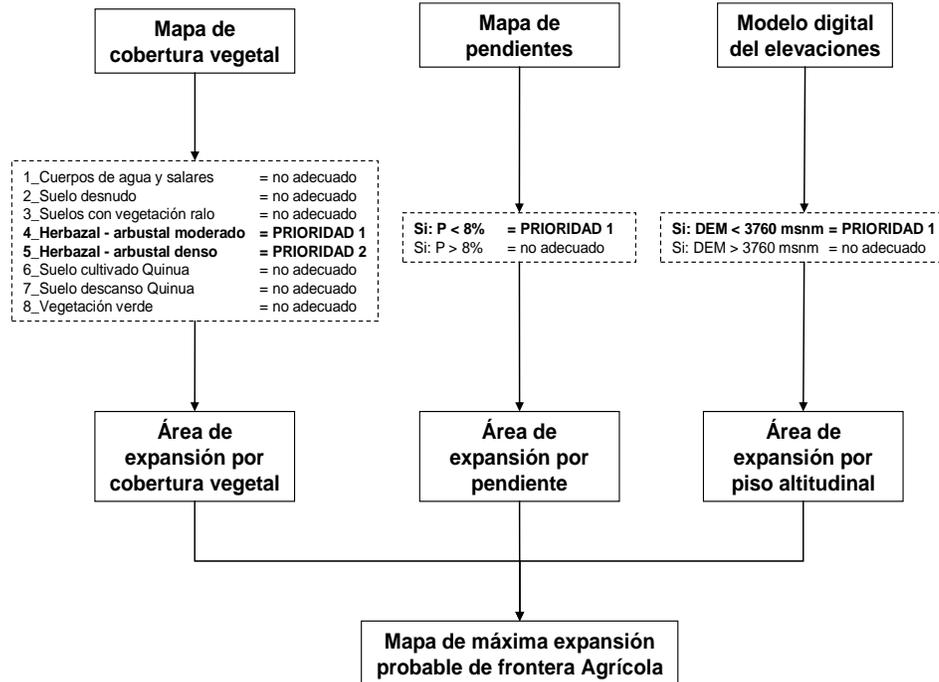
Para la evaluación social-productiva la metodología empleada fue el Diagnóstico Rural Participativo (DRP) con informantes claves y productores para el cual se diseñó un cuestionario orientado a conocer la situación actual de la producción de quinua respecto al comportamiento socio-económico en la provincia y de la importancia de este en el mejoramiento de la calidad de vida de los productores.

**Mapa 1**  
**Ubicación geográfica del área de estudio**



**f u e n t e:** Elaboración propia con base a SIG

**Gráfico 1. Variables analizadas para la estimación de la máxima superficie de expansión de frontera agrícola**



Fuente: Vallejos, et al 2011

#### 4. DEFINICION DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

Existen muchas definiciones sobre Seguridad Alimentaria, se pueden encontrar más de 200 definiciones desde distintos puntos de vista. Sin embargo, se hace referencia al establecimiento aprobado en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en Roma, 1996. Esta definición generalmente aceptada otorga mayor fuerza a la índole multidimensional de la seguridad alimentaria e incluye el acceso a los alimentos, la disponibilidad de alimentos, el uso de los alimentos y la estabilidad. Ha permitido hacer intervenciones normativas dirigidas a la promoción y recuperación de opciones en materia de medios de subsistencia.

Los enfoques en los medios de subsistencia, divulgados inicialmente por investigadores como Chambers y Conway (1992), hoy son fundamentales en los programas de desarrollo de las organizaciones internacionales. Se aplican cada vez más en contextos de emergencia e incluyen los conceptos de vulnerabilidad, afrontar riesgos y gestión de riesgos. En pocas palabras, conforme queda en el pasado el nexo entre seguridad alimentaria, hambruna y malas cosechas, gana terreno el análisis de la inseguridad

alimentaria como producto social y político (Devereux 2000).

La seguridad alimentaria existe cuando las personas todo el tiempo tienen la disponibilidad y el acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para alcanzar sus necesidades dietarias y sus preferencias de comida para una vida activa y saludable; en contraposición, cuando una familia no garantiza este acceso a comida, se puede decir que se encuentra en inseguridad alimentaria (González et al. 2008).

Según el IICA (2008b), la seguridad alimentaria en una región está determinada por cuatro dimensiones: 1) la disponibilidad de alimentos en donde se debe tener en cuenta la producción y los precios, la capacidad para importar y la ayuda alimentaria; 2) el acceso que está determinado por la distribución de ingresos y generación de empleo, el acceso a activos y el abastecimiento; 3) la estabilidad, que tiene que ver con la variabilidad de la oferta y los precios, el acceso a bienes públicos, las catástrofes naturales y variabilidad climática; 4) la utilización, que se refiere a la calidad e inocuidad de los alimentos, los factores biológicos y la educación alimentaria y nutricional.

La quinua se caracteriza por un alto valor nutritivo debido a su composición, cantidad y calidad de proteína (Rivera, 2006). Además, está compuesto de

carbohidratos, vitaminas y minerales (calcio, fósforo, hierro y vitamina C entre otros). Debido a esto, es reconocida como uno de los alimentos de origen vegetal con mayor valor nutricional y es superior a muchos alimentos de origen animal – es superior a la carne, huevo y leche en 14 y 18 % - (ANAPQUI citados por el SICA, 2001).

En este contexto, según (Jaldin, 2010), el auge de la quinua en los mercados internacionales se ha constituido en una alternativa interesante para mejorar la calidad de vida de los pobladores del sur del departamento de Oruro. No obstante, la lógica del sistema actual de producción que responde a la demanda externa en expansión, conlleva a numerosas repercusiones de tipos social, económico y ambiental, como el aumento de la superficie cultivada de manera descontrolada, la presión por los recursos naturales, la disminución de las tierras en descanso, el cambio espacial del cultivo hacia la pampa con mecanización generalizada y otros.

## 5. SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LOS EFECTOS AMBIENTALES

Los cuatro componentes de la seguridad alimentaria (disponibilidad de alimentos, acceso a los mismos, utilización de los alimentos y sistema de producción de dichos alimentos) representan la esencia del mandato de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Estos cuatro componentes se ven afectados por el clima (FAO, 2008), sin embargo, la disponibilidad de los alimentos está asociada más directamente con el clima y sus cambios, en toda la fase de producción, incluso en los casos en que la producción es suficiente, si un sistema de asignación de alimentos se ve afectado negativamente, el acceso a estos alimentos se verá perjudicado y la seguridad alimentaria, comprometida. La urbanización se desarrolla a un ritmo vertiginoso en muchos países del mundo, lo que contribuye a crear una categoría de pobres urbanos, que no desarrollan labores de cultivo y son muy vulnerables ante el cambio climático.

La seguridad alimentaria también podría verse afectada por una menor higiene a la hora de manipular los alimentos, como consecuencia de una disponibilidad limitada de agua dulce o de la existencia de restricciones en la capacidad de almacenar los alimentos a causa de unas condiciones climáticas. La malnutrición también puede elevarse debido a una disminución en la biodiversidad alimentaria y a una excesiva dependencia de algunos alimentos básicos. Así, los cambios en la variabilidad climática tienen una implicación directa sobre la estabilidad del sistema de producción de alimentos. Una mayor frecuencia e

intensidad de los fenómenos extremos como las sequías e inundaciones supondrían una gran amenaza para la estabilidad, independientemente de que estos fenómenos tuvieran un impacto doméstico o a través de todo el mercado de alimentos a nivel mundial. La frecuencia y la magnitud de las emergencias alimentarias podrían aumentar, como consecuencia de las complejas interrelaciones existentes entre los conflictos políticos (FAO, 2008).

La Comisión sobre la Agricultura Sostenible y el Cambio Climático ha examinado las pruebas científicas para encontrar un modo de lograr la seguridad alimentaria en el marco del cambio climático. Los sistemas alimentarios deben dar un giro para satisfacer mejor las necesidades humanas y, a largo plazo, alcanzar el equilibrio con los recursos del planeta. Esto requerirá importantes intervenciones, tanto a nivel local como mundial, para transformar los actuales modelos de producción, distribución y consumo de alimentos. Harán falta inversiones, innovación y un esfuerzo intencionado para capacitar a las poblaciones más vulnerables del mundo para construir un sistema alimentario mundial que se adapte al cambio climático y garantice la seguridad alimentaria, y que al mismo tiempo minimice las emisiones de gases de efecto invernadero y conserve nuestra base de recursos naturales (CASCC, 2011). Las inversiones generalizadas en agricultura sostenible, como la mejora de las infraestructuras de apoyo y la recuperación de los ecosistemas degradados, constituyen un componente esencial del desarrollo económico a largo plazo de un país.

## 6. RESULTADOS

### a) La expansión de la frontera agrícola y sus consecuencias

Los resultados muestran que en el periodo 1992 – 2010, la superficie de producción de la quinua, subió de 306 ha a 17.216 Has respectivamente; de igual forma, en el periodo 1992 - 2000 la expansión de la frontera agrícola siguió un comportamiento casi lineal. Sin embargo, a partir del año 2000 a la actualidad, la expansión presenta un comportamiento con una pendiente muy fuerte, coincidiendo con el periodo de alza de la demanda de la quinua suscitado a partir del año 2002. En la siguiente figura se puede apreciar la tendencia de expansión de la frontera agrícola suscitado en el periodo 1992 - 2010, asimismo muestra la tendencia de la expansión de la frontera agrícola hasta el año 2025, suponiendo que continuara el mismo ritmo de expansión de la frontera agrícola, ver gráfico 2.

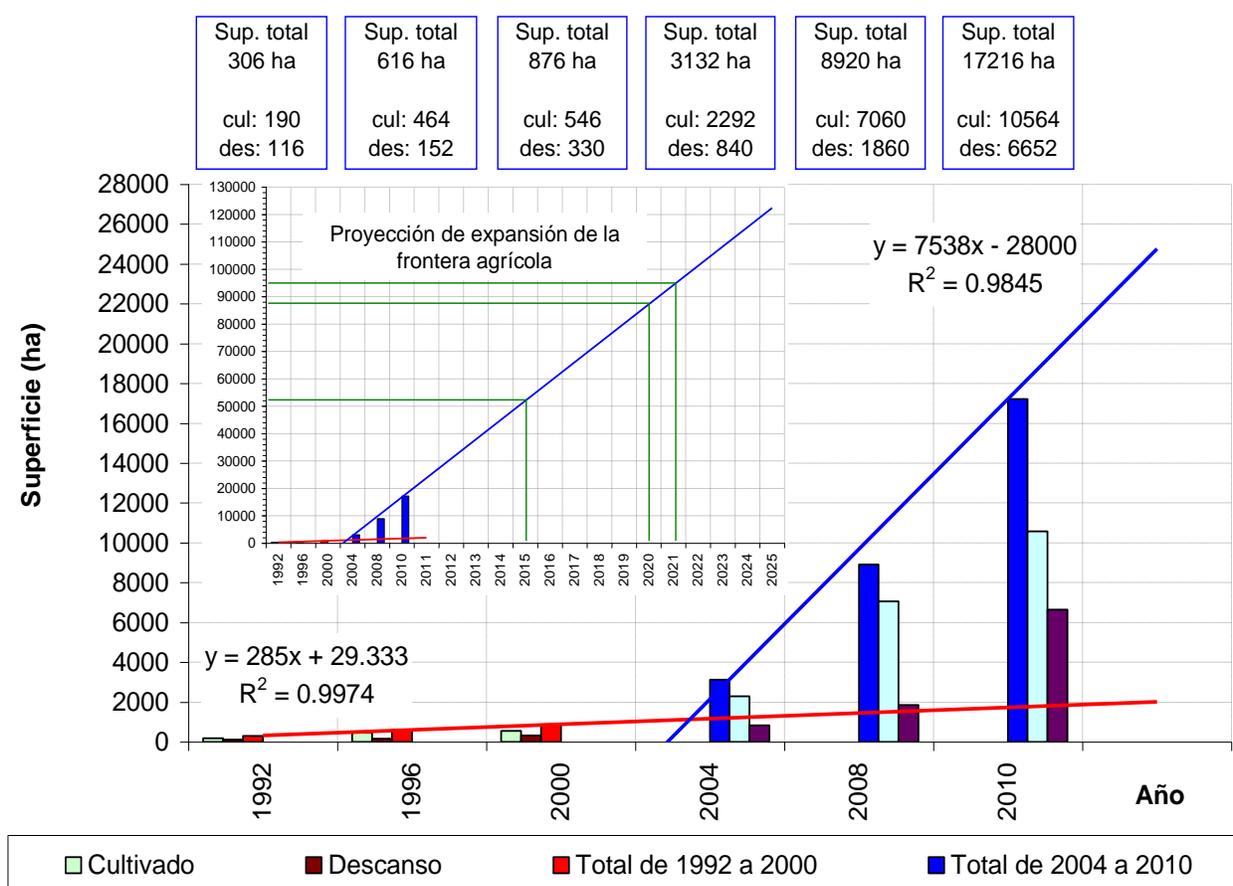
En la región estudiada, los sectores con mejores condiciones de expansión de frontera agrícola son los

situados por debajo de los 3.800 msnm, que corresponden al 89.24% de superficie de la provincia; asimismo se ha encontrado que los lugares con pendiente inferior al 5% que corresponde al 82.27% de la superficie, son los lugares donde se observa mas expansión de frontera agrícola, esto principalmente por la facilidad de implementar maquinaria para la actividad agrícola.

En relación a la tendencia de cambio de uso de los suelos, se ha encontrado que estos son con vegetación herbazal – arbustal moderado (Tholas, añawayas,

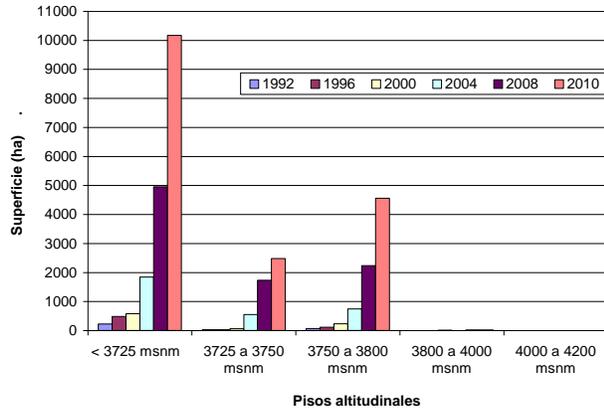
lampayas y pajonal) son los mas susceptibles a ser nuevas zonas productoras de quinua. En este sentido, los suelos con vegetación herbazal arbustal moderado son las zonas con prioridad 1, seguido de las zonas con vegetación herbazal-arbustal densa. Las comunidades como Lupiquipa, San Martín, Ucumasi, Aroma, Vengal Vinto son los sectores que presentan mayor expansión de la frontera agrícola. Los gráficos 3, 4 y 5 muestran la expansión de la frontera agrícola por pisos altitudinales, por pendientes y por cambios en la cobertura vegetal.

**Gráfico 2**  
**Tendencia de la Expansión de la Frontera Agrícola**

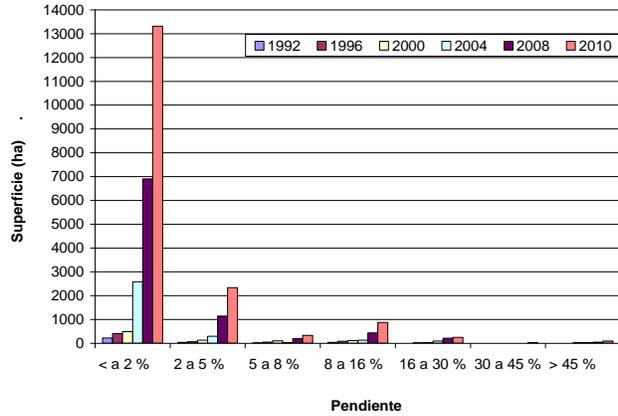


**Fuente: Elaboración propia**

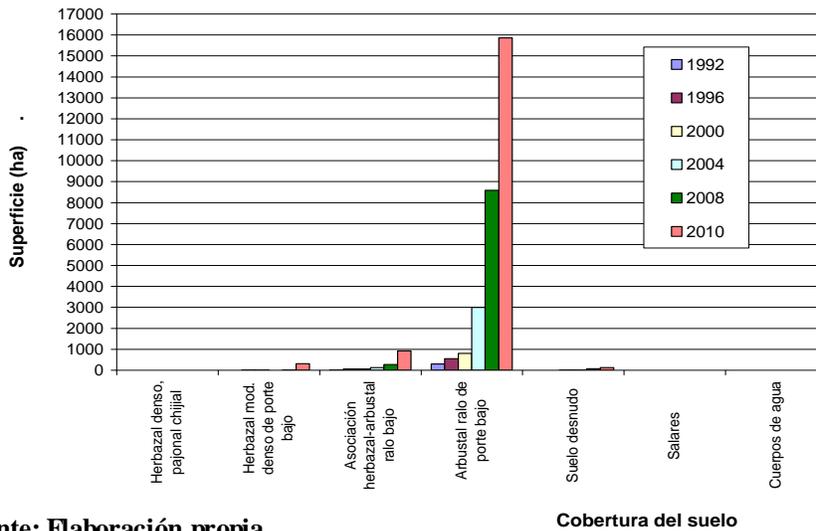
**Gráfico 3. Expansión de la frontera agrícola grados de pendiente en la provincia**



**Gráfico 4. Expansión de la frontera agrícola según pisos altitudinales en la provincia**



**Gráfico 5. Expansión de la frontera agrícola por unidades de cobertura vegetal**



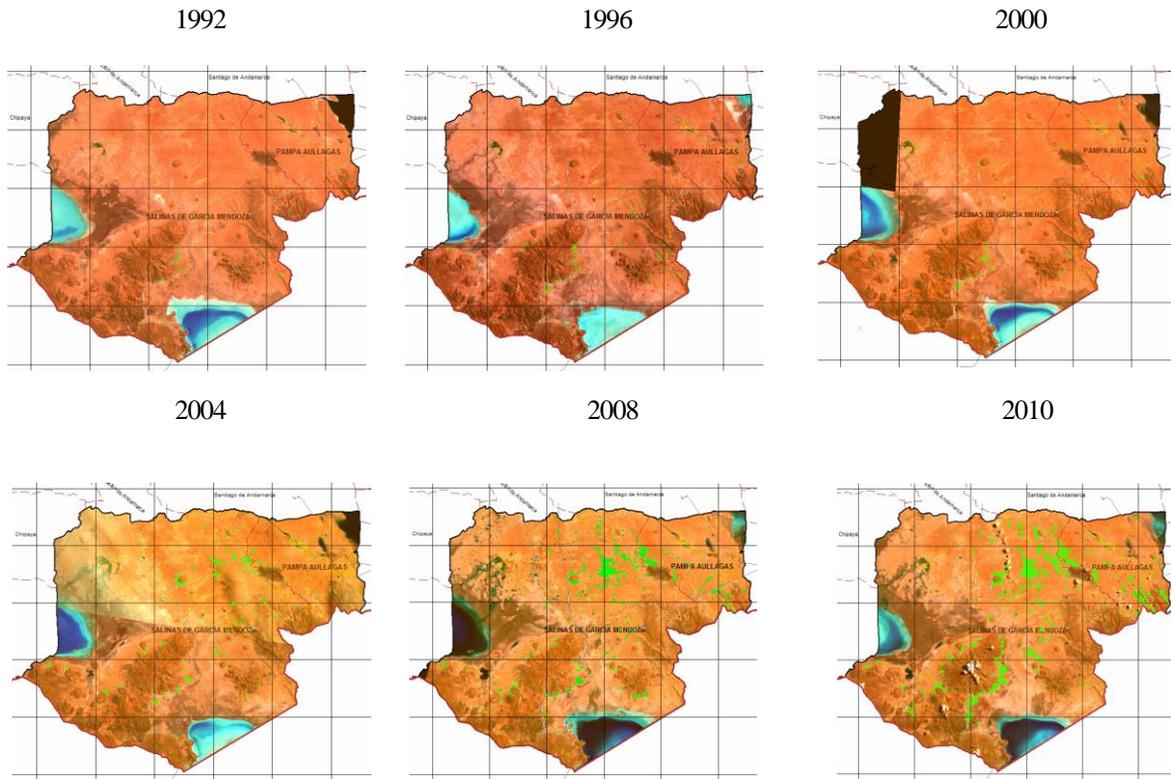
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra los mapas resaltando las zonas donde se produjo más expansión de la frontera agrícola en el periodo 1992 - 2010.

En base a los resultados obtenidos, las proyecciones realizadas para los próximos años 2015 - 2025 muestran que, de seguir con el mismo ritmo de apertura de nuevas áreas para producción de quinua, el año 2015 se contaría con aproximadamente 5.0000 Has de cultivos de quinua, lo cual significaría haber

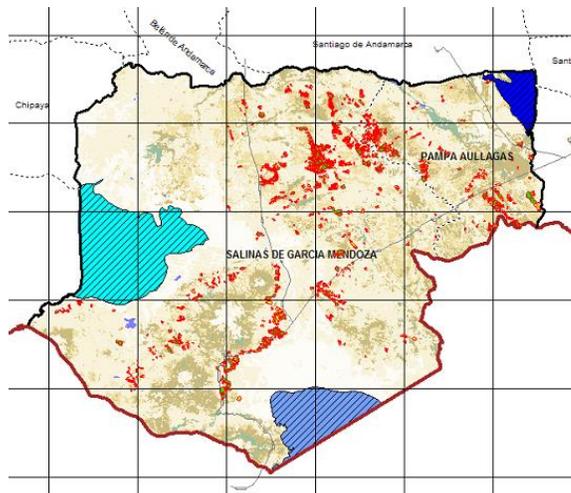
deforestado 32.784 Has de suelos con cobertura del tipo herbazal – arbustal moderado. Según las proyecciones del estudio, el año 2021 se tendría la máxima superficie tolerable para producción de quinua en la Provincia Ladislao Cabrera, siendo esta alrededor de las 95.000 Has, lo cual involucraría hacer una deforestación de unos 77.784 Has. En el mapa 3, 4 y 5 muestra las nuevas zonas con condiciones para producción de quinua proyectados al año 2017 y 2021.

**Mapa 2. Distribución multitemporal de la de la expansión de la frontera agrícola**

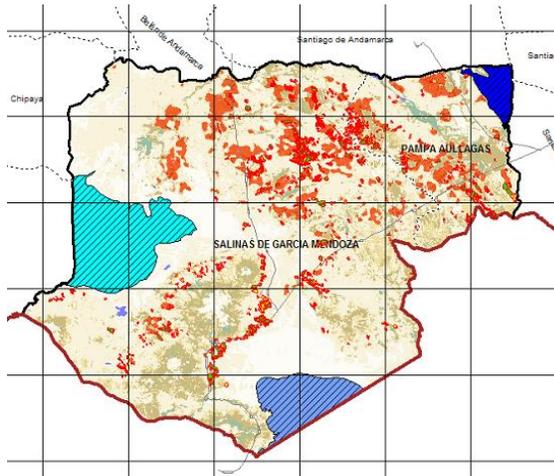


**Fuente: Elaboración propia**

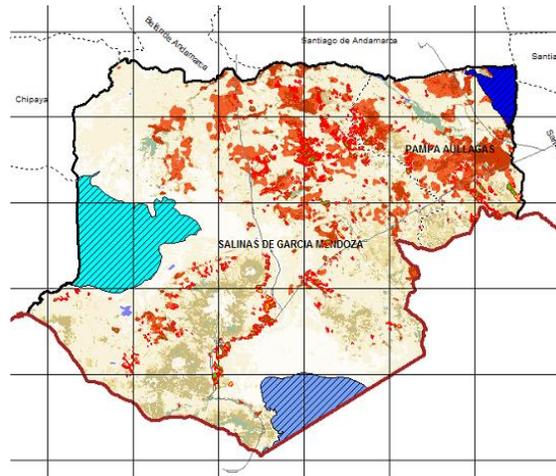
**Mapa 3. Zonas actuales productoras de quinua 17.216 Has (año 2010)**



**Mapa 4. Zonas futuras productoras de quinua 64.188 Has (año 2017)**



**Mapa 5. Máxima zona con capacidad para producción de quinua 95.476 Has (año 2021)**



**Fuente: Elaboración propia**

Es importante señalar que estas proyecciones corresponden solo si se mantienen los mismos ritmos de expansión de frontera agrícola registrado hasta el año 2010 lo cual es producto del ritmo de la demanda de quinua en el mercado nacional e internacional. En el caso de que fuese así, se tiene claro la necesidad de contar en la zona con proyectos de desarrollo sostenible de Recursos Naturales (Suelo, agua y vegetación).

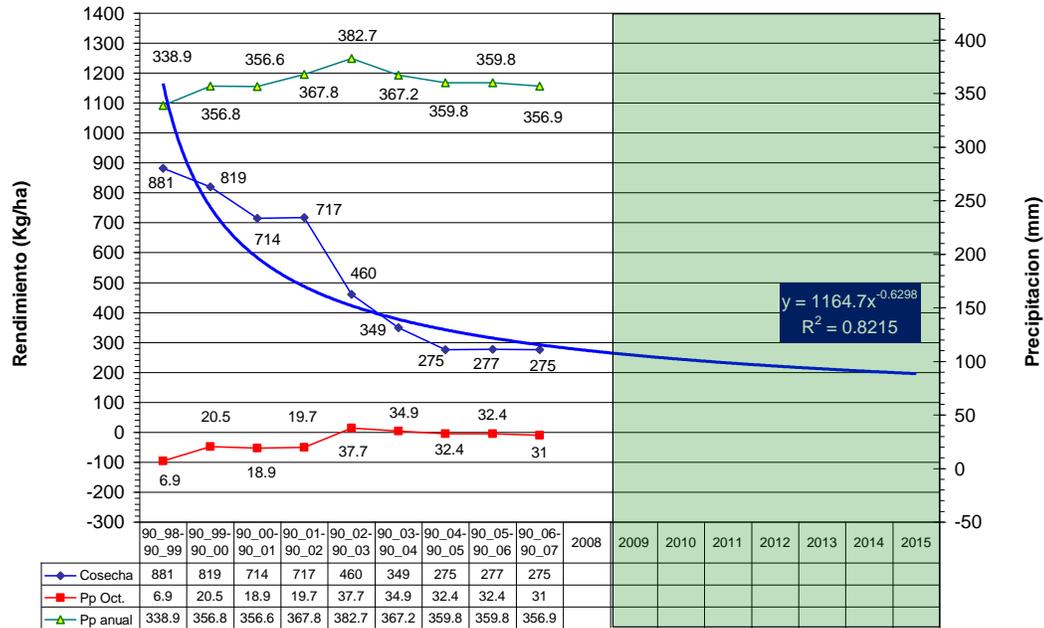
### **b) Rendimientos de la producción estimados según condiciones climáticas**

Para modelar el rendimiento de la quinua, se ha utilizado el software AQUACROP, el cual tiene la propiedad de evaluar el rendimiento de un cultivo, considerando aspectos de manejo y condiciones propias del cultivo. Así, en el sector de Salinas de García Mendoza, el comportamiento del rendimiento de la quinua respecto a la disponibilidad de agua durante la etapa de germinación y la disponibilidad de agua durante todo su ciclo son similares a los observados en otros sectores. Por ejemplo, en el ciclo 98-99, se ha encontrado que una baja disponibilidad de humedad en el periodo de germinación (6,9 mm) y una baja disponibilidad de agua registrada, en todo su ciclo (338,9 mm) han reportado los más altos rendimientos

(881 kg/Ha). La resistencia generada por el cultivo en la etapa de germinación al efecto de estrés hídrico es probablemente la explicación de este alto rendimiento, aunque se tenga un estrés hídrico en el resto del ciclo del cultivo. Un caso totalmente contrario se ha determinado en el ciclo 2002-2003. En el siguiente gráfico, se muestra la tendencia del rendimiento de la quinua simulado y proyectado en las condiciones de humedad registradas en la etapa de germinación (octubre), así como la humedad registrada en todo su ciclo.

Según las tendencias térmicas, los mejores rendimientos de quinua se presentan cuando éstas presentan temperaturas mínimas y máximas, condiciones que le otorgan al cultivo una mayor capacidad de resistencia a escenarios climáticos desfavorables que se pudiesen presentar durante los demás ciclos del cultivo. En el siguiente gráfico se presenta el comportamiento del rendimiento de la quinua simulado y proyectado en relación al comportamiento de las temperaturas mínimas y máximas de la etapa de germinación de la quinua (octubre).

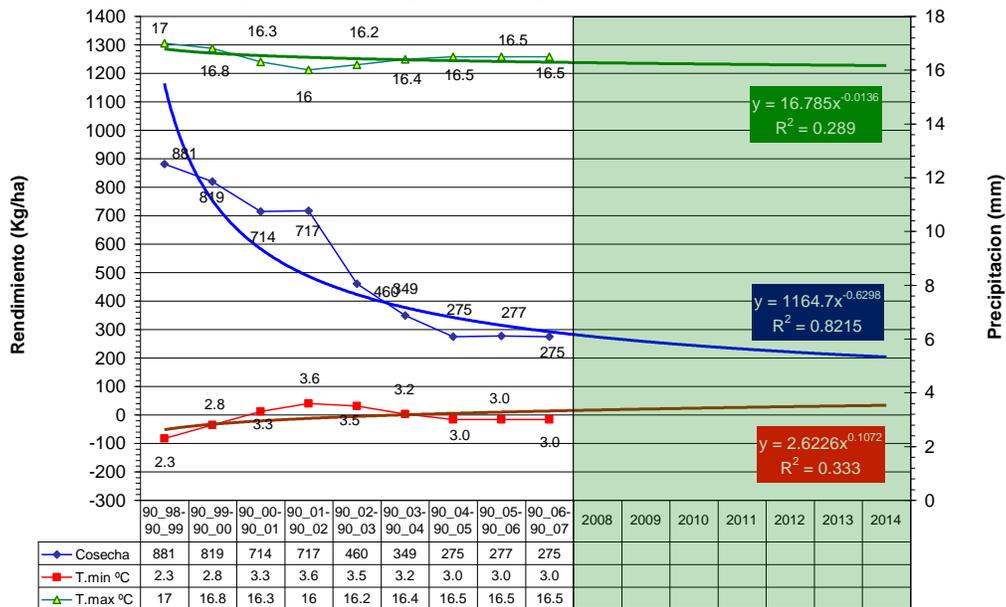
**Gráfico 6. Rendimientos de quinua simulados y proyectados como función de la precipitación caída en el periodo de germinación en el ciclo agrícola**



Fuente: Elaboración propia

Periodo y proyeccion de analisis

**Gráfico 7. Rendimientos simulados y proyectados como función de las temperaturas máximas y mínimas registradas en el periodo de germinación (octubre)**



Fuente: Elaboración propia

Periodo y proyeccion de analisis

En general, no solo la temperatura es el factor que define el rendimiento del cultivo de la quinua, sino también las condiciones edafológicas, fonológicas y otros, razón por la cual los resultados obtenidos, además de proponer muchas interrogantes, se espera que sean motivo de atención para el inicio de nuevas investigaciones. No obstante, el impacto en la producción, disponibilidad y consumo de la quinua, puede verse comprometido en el futuro sino se considera las variables o elementos descritos en su tratamiento y gestión adecuada para asegurar una continua producción sostenible.

### **c) Situación social y productiva**

Para conocer los aspectos sociales y productivos respecto a la producción de la quinua, se ha realizado una encuesta a 150 productores en los municipios de Salinas de García Mendoza y Pampa Aullagas. Los resultados de la misma, reflejan los siguientes resultados: el 44% de la población encuestada en el municipio de Pampa Aullagas, señala que la actividad principal a la que se dedican es la crianza de camélidos, seguido por la producción de quinua con el 41%. Según esta información, el municipio tiene tendencia a ser ganadero lo cual fue corroborado en los recorridos de campo donde se evidencian extensas zonas de pastoreo. En el municipio de Salinas de García Mendoza, el 69% de los encuestados, consideran que su actividad principal, es la producción de quinua. Si bien la quinua ocupa un lugar privilegiado en los ingresos de las comunidades, la crianza de ganado camélido es otro factor que incide favorablemente en su economía, siendo esta la segunda actividad importante en el municipio.

En relación al rendimiento en el municipio de Pampa Aullagas, el 95% de los encuestados consideran tener una producción menor a 50 qq, 2.5% indican tener una producción de 51 a 100 qq y 2.5% señalan que su producción está en el orden de los 201 a 250 qq. En tanto que en el municipio de Salinas de García Mendoza, 40% de los encuestados indican tener un rendimiento menor a los 50 qq, que se debe a diversos factores tales como: la siembra en pequeñas áreas de terreno, falta de maquinaria y mano de obra, así como a factores climáticos y el ataque de plagas.

Respecto al destino de la producción, se ha determinado que esta se relaciona con la superficie de cultivo, las familias que solo cultivan de 1 a 4 Has destinan la producción al autoconsumo, las familias que cultivan entre 20 a 40 Has destinan 60% a 80% de su producción a la venta. La venta del excedente se efectúa en un 100% en las ferias locales como Challapata e intermediarios. Las limitaciones que

existen en la producción de la quinua, se deben a los siguientes factores: el riego, existe carencia del recurso de agua y proyectos de regadío; por otra parte, se presenta problemas de disponibilidad de suelos aptos para la producción consecutiva y continua para la producción.

Por otra parte, consultada sobre la continuidad de la actividad por parte de los productores, en el municipio de Pampa Aullagas, el 76% indican continuar con la producción de la quinua; en tanto que en el municipio de Salinas de García Mendoza el 77% aseguran seguir con la producción de este cultivo. Finalmente, el 80% de la población encuestada, afirma que el consumo de la quinua ha mejorado su calidad de vida, y también sus ingresos económicos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En función al análisis realizado, la situación de la producción de la quinua en la seguridad alimentaria, en el futuro se puede ver seriamente comprometida si no se destinan acciones y/o proyectos de mitigación para reducir los impactos ambientales negativos en la provincia Ladislao Cabrera.

Se advierte, la falta de una conciencia en una gran porcentaje de los productores de quinua, de los efectos climáticos que están siendo ocasionados por el actual sistema de producción y los impactos negativos que este tendría en los rendimientos de la producción a mediano plazo; y en consecuencia el grado al que se expone la seguridad alimentaria de la población de la provincia.

Establecer un programa de trabajo para la atenuación del cambio climático y la adaptación al mismo en la agricultura, de conformidad con los principios y las disposiciones de las normas ambientales del Estado, en especial en la zona de producción de quinua analizada.

Crear y respaldar redes de seguridad y otros programas para contribuir a que las poblaciones vulnerables de todas las provincias logren la seguridad alimentaria (por ejemplo, planes de garantía de empleo, programas para crear resiliencia, sanidad y nutrición, impartición de formación o fortalecimientos de los procesos de reserva y conservación de semillas).

A mediano plazo, se debe implementar proyectos y programas de complementación a las actividades propias de la seguridad alimentaria, como por ejemplo, acopio, transformación, comercialización y otros.

## BIBLIGRAFIA

- CASCC (2011): Lograr la seguridad alimentaria ante el cambio climático. Comisión para la Agricultura Sustentable y Cambio Climático. Dinamarca.
- Devereux, S. and Maxwell, S. (eds) (2001): Food security in sub-Saharan Africa, London
- FAO (2008): Boletín de la OMM, N° 58 pág. 1 - 5 – Julio. Roma.
- FAO (2009): El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. Crisis económicas: repercusiones y enseñanzas extraídas. FAO, WFP. Consultado el 16 de noviembre de 2009. Disponible en línea en [www.fao.org/docrep/012/i0876s/i0876s00.H TM](http://www.fao.org/docrep/012/i0876s/i0876s00.htm).
- González, W, Jiménez, A, Madrigal, G, Muñoz, L, Frongillo, E. (2008): Development and validation of measure of household food insecurity in urban Costa Rica confirms proposed generic questionnaire. The journal of nutrition. Community and international nutrition. 138: 538 – 592.
- Jaldin, R. (2010): Producción de Quinua en Oruro y Potosí, estados de investigación, Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB), Edición, Montserrat Fernandez, 1ra ed. La Paz, Bolivia, 100 p.
- IICA (2008): Dimensiones de la seguridad alimentaria. Dirección de liderazgo técnico del IICA. Documento interno de trabajo.
- Rivera, M. (2006): Obtención, Caracterización Estructural y Determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (*Chenopodium Quinoa*) - Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero en Alimentos, Santiago – Chile. En sitio web: [http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2006/rivera\\_m/sources/rivera\\_m.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2006/rivera_m/sources/rivera_m.pdf).
- Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Gobierno del Ecuador (SICA), 2001. QUINUA QUINOA/ CAÑIHUA. En sitio web: [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/granos%20cereales/quinua/quinua\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/granos%20cereales/quinua/quinua_mag.pdf).
- Vallejos, P.; Ayaviri, D.; Navarro, Z. (2011): Medio Ambiente y Producción de Quinua – Estrategias de Adaptación a los Impactos del Cambio Climático, Edición Claudi Adriazola, La Paz, Bolivia. 242 p.

## Caracterización de hongos MA en terrenos en descanso en el Altiplano Central de Bolivia

García-Apaza, E.<sup>1, 2, 3\*</sup>, Angulo Veizaga, W.<sup>1</sup>, Mena Herrera, F.C.<sup>3</sup>, Catari Quiroga, R.M.<sup>3</sup>, Cachi Torrez, I.R.<sup>3</sup>, Mamani Ramirez, J.<sup>3</sup>, Manriquez Ticona, E.L.<sup>3</sup>, Condori Apanqui, R.<sup>3</sup>, Conde Viscarra, E.<sup>3</sup>, Tarqui Aruquipa, N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agronómicas, Ambientales y del Cambio Climático. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

<sup>2</sup> Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES), UMSA

<sup>3</sup> Estación Experimental de Patacamaya, Universidad Mayor de San Andrés

\*Autor para correspondencia, e-mail: e.garcia@ua.es

### Resumen

En el altiplano central de Bolivia los campesinos desarrollaron un sistema de rotación comunal que incluye un descanso de la tierra de 3 a 23 años debido a que los suelos se encuentran pobres en nutrientes. Esos terrenos son colonizados por plantas nativas como *Baccharis incarum*, y otras especies pioneras. El presente trabajo se realizó en las comunidades de Patarani y Chiaraque, en el departamento de La Paz. En parcelas con diferentes años de descanso, se ha caracterizado la población de micorrizas, organismos indicadores de recuperación de suelos. En número de esporas de hongos MVA mostro que se incrementa a medida que aumenta los años de descanso de los terrenos. Se identificó tres géneros de esporas de hongos MVA *Glomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora*, estando presente en mayor cantidad el primero.

**Palabras clave:** Micorrizas, hifa, espora, MVA.

### Abstract

In the Central Highland of Bolivia, farmers developed a system of communal rotation that includes fallow for 3-23 years because the soils are poor in nutrients. Native plants such as *Baccharis incarum* and other pioneers species colonize these areas. The study was located in Aroma province in La Paz. We identify the fallow plots and mycorrhiza population was evaluated. The number of MVA spores from rhizospheric soil showed an increment as increment the fallow years. *Glomus*, *Gigaspora* and *Scutellospora* were identified as principal MVA fungus on those soils.

**Keywords:** Mycorrhiza, fungi, VAM, *Baccharis*.

## INTRODUCCION

En el territorio Boliviano se identifican tres macrosistemas: el altiplano norte, el altiplano central y el altiplano sur. Dentro del altiplano central se encuentra la provincia Aroma, que se caracteriza por tener riesgos climáticos muy altos, presencia de heladas que producen la pérdida de cosechas enteras, granizo que causan pérdida de la vegetación, las precipitaciones son escasas e irregulares, se producen prácticas antrópicas como el sobre pastoreo, extracción depredadora de plantas para leña y prácticas en la agricultura.

Los factores climáticos y las prácticas antrópicas hacen que los suelos se queden sin cobertura vegetal, trayendo como consecuencia primero, una erosión eólica en particular en planicies donde en épocas de viento ocurre un arrastre de masas de tierra en forma de nubarrones de polvo; y segundo una erosión hídrica en pendientes, arrastrando la capa arable poco profunda, dejando a los suelos pobres en nutrientes, y por tanto difícil de recuperar su fertilidad, por lo cual los campesinos asentados en estos lugares mantienen en sus parcelas de cultivo un sistema de rotación comunal que incluye un descanso de la tierra de 4 a 23 años, en este sentido en estos terrenos, el descanso parece permitir la recuperación de la fertilidad del suelo.

Es posible identificar tendencias sucesionales como la presencia de especies anuales y oportunistas en los primeros años de descanso como *Erodium cicutarium*, *Bromus catharticus*, *Tagetes multiflora* y *Tarasa tenella*. El aumento de especies de hábito perenne con crecimiento lento y gradual como es la gramínea *Stipa ichu*, diversas especies de *Nassella* y arbustos *Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla* se observan en los descansos hasta los 6 años, después incrementan con una tendencia no lineal hasta los 10 y 20 años, dependiendo de la característica edáfica, humedad, ubicación e historia de la parcela (Ortuño, et al., 2006). Estas especies se han adaptado a las condiciones climáticas y edáficas del altiplano. El desarrollo de estas plantas evita la erosión eólica e hídrica de los suelos, actuando como cortina de vientos contra las heladas y da un aporte de materia orgánica.

Las especies como *Baccharis incarum* forman a nivel de su raíz una simbiosis mutualista con los hongos micorrízicos arbusculares, donde los hongos por medio de sus hifas incrementan la superficie de exploración y absorción de todos los elementos minerales pero sobre todo la de los iones menos solubles como el cobre, zinc y principalmente el fósforo, haciendo posible la nutrición de las plantas en suelos poco fértiles, la planta le proporciona al hongo un nicho ecológico (Mosse, 1973; Ferrera, 1989). Son escasos los estudios de hongos micorrizógenos en el ecosistema del altiplano

solo se refieren a levantamientos de la presencia de micorrizas arbusculares en rotación de cultivos del altiplano (Sivila, 1993) y la relación de la presencia de esporas VA con el tiempo de descanso (Sivila y Herve 1994). Otros estudios latinoamericanos sobre micorrizas arbusculares en la cordillera de los andes resalta los estudios en los páramos venezolanos (Montilla et al., 1992) donde manifiestan la importancia de estos hongos en el desarrollo y nutrición de las plantas. Se ha demostrado que las plantas micorrizadas tienen mayor tolerancia a metales tóxicos, patógenos de la raíz, sequía, altas temperaturas, salinidad, pH desfavorable del suelo y al choque por trasplante que sufren las plantas no micorrizadas (Mosse et al., 1981; Bagyaraj, 1990; Bagyaraj and Varma, 1995).

Por estas consideraciones el presente trabajo estableció los siguientes objetivos:

Caracterizar los hongos MA en terrenos en descanso en dos comunidades del altiplano central, aislando y valorando el porcentaje de esporas de hongos endomicorrízicos arbusculares (MA) en terrenos en descanso, e identificando los hongos endomicorrízicos asociados a la rizósfera de las especies presentes en las parcelas en descanso

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y descripción de las áreas de estudio

La investigación se realizó en las comunidades de Chiaraque, Alto Patacamaya y Patarani que se encuentra en el Altiplano Central del Departamento de La Paz, Provincia Aroma, Bolivia. El clima es de tipo tropical frío, los suelos son arenosos, arcillosos, arcillo-arenosos y arcillo-arenolimosos con presencia de piedra en las laderas y pie de laderas, (Brugioni, 1992), con contenidos bajos y moderados de materia orgánica de acuerdo a las características de textura, topografía, color de suelo y vegetación predominante, la mayor parte de superficie cultivable se encuentra entre 3800 y 3950 m.s.n.m.

Se escogieron las comunidades señaladas porque presenta parcelas en diferentes años de descanso, para llevar a cabo la investigación propuesta.

### Selección de las parcelas y muestreo.

Tomando en cuenta trabajos anteriores realizados en el altiplano central de Bolivia (Sivila y Herve, 1994), se encontró que las parcelas generalmente tienen 4, 7, 9, 17, 20 y 23 años de descanso, por lo que se eligió en las comunidades elegidas rangos de 2 a 3, 5 a 7 y 9 a 12 años de descanso.

Después de las observaciones en cada parcela de descanso, se seleccionó sitios con plantas que tenían aproximadamente la misma altura (15 cm) y el mismo diámetro de copa (20 cm), completando un total de 6 plantas por cada parcela en descanso con 6 repeticiones haciendo un total de 108 muestras.

### Muestreo de suelo rizosférico y raíces

La obtención de suelo rizosférico y raíces se lo realizó según el método de Bohn (1979) el cual permitió obtener muestras de suelo las cuales, se guardó en bolsas de plástico debidamente etiquetadas.

### Evaluación de esporas en las muestras de suelo.

Para conocer el número de esporas en el suelo de la parcela en estudio, las 10 sub muestras de suelo rizosférico obtenidas de cada parcela, se mezcló para obtener una muestra compuesta para cada parcela en descanso en la cual se realizó el análisis. Una porción de 25 gr de la muestra compuesta se sometió a la separación de las esporas, utilizando en la primera etapa, el método de Gerdeman y Nicolson (1963) conocida como método del tamizado y decantación en húmedo, en la segunda, etapa para el conteo, una modificación del laboratorio de microbiología del Instituto de Ecología consistente en el empleo de prefracciones de los tamizadores sobre membranas filtrantes para facilitar el conteo de esporas.

Una vez obtenidas las muestras en las membranas filtrantes se llevó al estereomicroscopio para su observación y cuantificación de esporas. La evaluación de esporas de las muestras de suelo, se realizó con seis repeticiones.

### Identificación taxonómica de las esporas.

Una vez obtenidas las esporas en las membranas filtrantes se llevó al estereomicroscopio donde con ayuda del manual de Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares de Schenck y Pérez (1990), se fue separando los géneros de esporas encontrados, para la identificación se tomó en cuenta: color de la espora, la inserción de la hifa a la espora, presencia o ausencia de bulbo, forma del bulbo y tamaño de la espora.

### Análisis estadístico.

Los análisis estadísticos utilizados fueron: desviación estándar, error estándar de la media, correlación, regresión, Tukey..

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de esporas de suelo rizosférico de la especie presente en terrenos en descanso.

La evaluación de esporas con la metodología ya explicada los terrenos en descanso de las comunidades de Chiaraque, Patarani y Alto Patacamaya se observan en la Fig. 1.

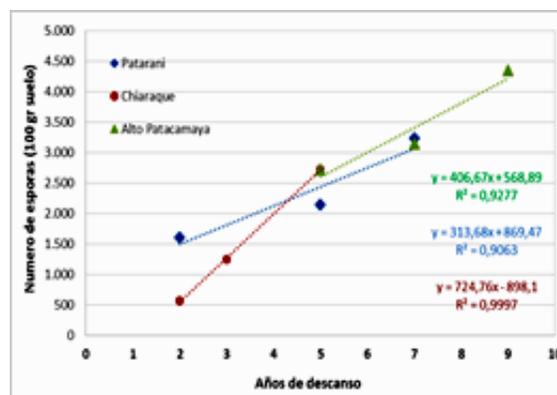


Figura 1. Número de esporas promedio en terrenos en descanso por 100 gr de suelo.

Con la finalidad de conocer entre que años de descanso existe diferencias significativas se realizó la prueba de significancia de Tukey al 1%. Encontrándose diferencias significativas entre: 2-7 años, 2-9 años, 5-9 años y 7-9 años de descanso.

La Fig.1 presenta el número de esporas promedio de 10 repeticiones de las comunidades de Chiaraque, Alto Patacamaya y Patarani en parcelas de 2, 3, 5, 7, 9 años de descanso, donde el número de esporas va incrementándose a medida que va aumentando los años de descanso, mostrándonos que en terrenos de 2 años de descanso el número de esporas es menor con relación a terrenos con 9 años de descanso.

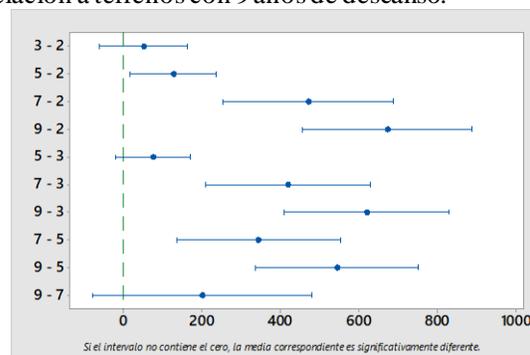


Figura 2. Prueba Tukey para el número de esporas promedio en terrenos en descanso por 100 gr de suelo.

El análisis estadístico por repeticiones nos indica, una correlación positiva y lineal y se comprueba que los descansos de las parcelas tienen un efecto proporcional sobre el número de esporas en el suelo rizosférico. Esta respuesta es corroborada por la prueba de Tukey en un nivel de 1% (Fig. 2).

Este resultado confirma lo establecido por Sivila y Herve (1994) en la zona de Pumani, dentro del mismo municipio, en parcelas en descanso desde 1 año hasta 30 años quienes indican que como consecuencia de la falta de vegetación en primeros años del descanso las esporas de MVA no germinan sino que permanecen en latencia, al no encontrar una planta hospedera y estas acaban pereciendo, una vez establecida la flora nativa las esporas de micorriza VA, presentes en el suelo, son estimuladas por la raíz del hospedero, iniciándose el ciclo vital que permite la reproducción de las esporas en el suelo. Según estudios realizados el factor edáfico, los años de descanso de los terrenos y la edad de la planta también afecta en la cantidad de población de esporas como se ha podido ver en el presente estudio, ya que en presencia de estos factores, la germinación generalmente puede ser buena o mala (Tommerup, 1985). Asimismo se ha estudiado que algunas especies tienen una buena simbiosis con los hongos MVA como *Baccharis incarum*, los mismos han desarrollado adaptaciones ecofisiológicas eficientes como menciona Sivila (1993), por lo que aunque las esporas nativas frente a *Baccharis incarum* en un principio no colonizan abundantemente, a medida que pasan los años de descanso, se nota que la población aumenta en cantidad. Se asume que el número de esporas, parece ser un posible indicador del restablecimiento de la fertilidad biológica del suelo (Sivila y Herve, 1994).

#### Identificación de las esporas VA con mayor predominancia a nivel de género en suelos de las parcelas de las comunidades de Chiaraque, Alto Patacamaya y Patarani.

Una vez que se identificó las esporas por género, encontramos lo que nos muestra la tabla 1.

**Tabla 1. Predominancia de géneros de esporas en 100 gramos de suelo en comunidades del altiplano central.**

	<i>Glomus</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Scutellospora</i>
Patarani	4.950	1.435	789
Chiaraque	4.563	1.323	727
Alto Patacamaya	7.070	2.049	1.127

El género de mayor predominancia en los terrenos en descanso estudiados es *Glomus* correspondiendo a un 69 %, *Gigaspora* con 20% y *Scutellospora* con un 11

% (tabla 1). Los Géneros encontrados se los puede considerar típicos del altiplano boliviano siendo estas mismas las encontradas por Sivila (1993) en Huraco otra área del altiplano, por lo que podrían ser considerados como los géneros que habitan en las condiciones poco favorables del altiplano. La presencia del género *Glomus* es típico también de suelos cultivados (Azcón y Barea, 1980) pero Carneiro *et al.* (1998) afirman que el género *Glomus* es típico de regiones con situaciones menos drásticas.

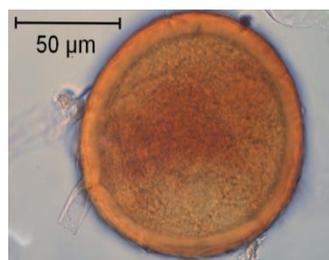
Como el número de esporas en el suelo rizosférico de las plantas aumenta con los años de descanso, estas características indicarían un suelo de condiciones edafológicas adversas y pobres en fertilidad; pero estos resultados también nos presentan un indicador de la fertilidad potencial de los suelos dado que a mayor año de descanso mayor número de esporas, siendo estas posibles indicadoras del restablecimiento de la fertilidad microbológica del suelo. Estos suelos producen un incremento en la nutrición mineral a través de las hifas, quienes ayudan a explorar un mayor volumen de suelo que los pelos radiculares de las mismas plantas (Rajan *et al.*, 2000). El incremento en la nutrición mineral aumenta los contenidos de clorofilas y como consecuencia una alta tasa fotosintética (Bian *et al.*, 2001; Feng *et al.*, 2002).



**Genero Scutellospora**



**Genero Gigaspora**



**Genero Glomus**

**Figura 3. Estructura de los géneros encontrados en las muestras de suelo**

Las características físico-químicas del suelo determinan también el grado de colonización de los diferentes géneros, ya que la actividad micorrízica no es la misma en todos los terrenos en descanso, estando afectada por las características edáficas, condiciones climáticas, características morfológicas y fisiológicas, mencionado por Abbot y Robson (1991), acotando a lo mencionado Sivila (1993) indica que la colonización de las raíces de las plantas puede verse afectada por las características climáticas del suelo. Con referencia al factor edáfico, Moyersoen (1993) opina que la variación horizontal y vertical de las propiedades del suelo delimita la distribución espacial de los hongos MVA, de tal manera que a juicio de Janos (1983) y Allen (1996) en una comunidad podrán dominar los individuos preferencialmente micotróficos o no micotróficos en función a la disponibilidad de propágulos nativos (esporas y fragmentos de raíces colonizadas), así como al tipo de especímenes vegetales dominantes en cada paraje y etapa seral (Brown, 1999).

## CONCLUSIONES

En base a los objetivos trazados y los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Existe una alta asociación entre el número de esporas y los años de descanso de las parcelas.
- El número de esporas en el suelo rizoférico de las plantas con las características físico-químicas de un terreno en condiciones adversas y pobres en fertilidad, indica que estos hongos MVA juegan un papel en la fertilidad potencial de estos suelos.
- Existe una baja colonización micorrízica en los primeros años de vida de la planta y en los primeros años de descanso de los terrenos.
- El género encontrado en mayor cantidad en las comunidades de Chiaraque, Patarani y Alto Patacamaya fue *Glomus*, seguido de *Gygaspora* y *Scutellospora*.
- La asociación simbiótica entre *Baccharis incarum* y los hongos

## AGRADECIMIENTOS

Los investigadores del presente trabajo agradecen del apoyo del proyecto *Estrategias de adaptación en las cadenas de producción de altura* financiado con recursos Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (ASDI) administrado por el Departamento de Investigación, Postgrado, Gestión e Interacción Social (DIPGIS) de la Universidad Mayor de San Andrés.

## BIBLIOGRAFIA

- Abbott, L. K. , and Robson, A.D . 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 35, 121150.
- Allen, M.F. 1996. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge. 184 p.
- Azcon G. y Barea M. 1980. Micorrizas revista Investigación y ciencia Edición Española Barcelona, Prensa Científica S.A. edit. Agosto 1980 No 47, P.8-15.
- Bagyaraj, D. J. 1990. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *En* D. K. Arora, B. Rai, K. G. Mukerjii and G. R. Knudsen (eds) Handbook of Applied Mycology: Soil and Plants, Marcel Dekker Inc., New York. Bagyaraj, D. J. y Varma, A. 1995. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plants: Their importance in sustainable agriculture and in arid and semiarid tropics. *Advances in Microbial Ecology*, vol. 14, pp. 119–142.
- Bian, X.; Hu, L.; Li, X.; Zhang, F. 2001. Effect of VA mycorrhiza on the turfgrass quality and mineral nutrient uptakes. *Acta Prataculturae Sinica*. 10:42–46.
- Bohn, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer, New York. Pg.
- Brown, K.R. 1999. Mineral nutrition and fertilization of deciduous broadleaved tree species in British Columbia (Work Paper no. 42). Ministry of Forests Research Program, Victoria, British Columbia.
- Brugioni, I. 1992. Determinantes de la rotación del descanso para la siembra de papa en una comunidad del Altiplano Central Boliviano. Informe No. 31. ORSTOM Pg. 1-69.
- Carneiro, M., Siqueira, J., Moreira, F., Carvalho, D., Botelho, S., Junior, O. 1998. Micorriza arbuscular em especies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. *CERNE*, V.4, N.1, p.129-145, 1998.
- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C., Tang, C., Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12,185–190.
- Ferrera, C. 1989. Dinámica de aparición de estructuras de endomicorrizas en *Carica papaya* L. cultivar cera. Colegio de posgraduados. Chapingo, México.
- Gerdeman, J.W. y T.H. Nicolson. 1963. Spores of Mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Herrera , R.A. 1988. Caracterización y dinámica de la fitomasa de raíces y micorrizas vesículo arbusculares en la Sierra del Rosario. *En*: Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No. 1, 1974-1987. (Eds. R.A. Herrera el al.) . ROSTLAC, Montevideo. p.447

- Janos, D.P. 1983. Tropical mycorrhizas, nutrient cycles and plant growth. *En*: S.L. Sullon, T.e. Whitmore, y A.e. Chadwick (Eds.). Tropical rain forest: Ecology and management (pp. 327-345). Oxford: Blackwell Scientific Publications. Montilla, M., R. Herrera M. Y M. Monaster. 1992. Micorrizas Vesículo árbusculares en parcelas que se encuentran en sucesión-regeneración en los Andes tropicales. Suelo y planta. 2: 59-70.
- Mosse, B. 1973. Advance in the study of vesicular-arbuscular micorrhiza. En. *An R. Phytopath* 11. pg. 171-196.
- Mosse, B., Stribley, D. P. y Le Tacon, E. 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Advances in Microbial Ecology*, vol. 5, pp. 137-210.
- Mayersaen, B. 1993. Ectomicorrizas y micorrizas vesículo-arbusculares en Catinga Amazónica del Sur de Venezuela. *Scientia Guianae*, 3, 1-82.
- Newman, E. I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology* 3: 139-146.
- Ortuño, T., Beck, S., & Sarmiento, L. (2006) Dinámica sucesional de la vegetación en un sistema agrícola con descanso largo en el Altiplano central boliviano. *Ecología en Bolivia*, Vol. 41(3): 40 - 70, Diciembre de 2006. Rajan S.K., Reddy B.J.B., Bagyaraj, D.J.. 2000. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. *Forest. Ecol. Manage.* 126:91-95.
- Sivila de Cary R., 1993. Comportamiento de la microflora del suelo bajo un agroecosistema de rotación de cultivo en la región de Huaraco, en revista *Ecologica de Bolivia*. pg. 33-43.
- Sivila de Cary R. y Herve D., 1994. El estado microbiológico del suelo indicador de una restauración de la fertilidad, en *Dinámica del descanso de la tierra de los Andes IBTA-ORSTOM*. pg. 185-195.
- Schenck, N.C., Y. Pérez, 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3th Edition. Synergistic Publications. Gainesville.
- Tommerup, I. C. 1985. Inhibition of spore germination of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *trans. Br. mycol. Soc.* 85:264-278.

## Insecticidas botánicos una alternativa para el control de la mosca del ají (*Neosilba pendula*) en la comunidad de San Pedro del Zapallar, Chuquisaca - Bolivia

*Botanic insecticides alternatives for the control of the pepper fly (*Neosilba pendula*) in San Pedro of Zapallar community, Chuquisaca-Bolivia*

Cardozo, O.E.<sup>1</sup> y Jiménez, M.H.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca

<sup>2</sup> Proyecto Beisa 3, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. Calvo 132. Telf.: (591)-464-57201., e-mail: mjimenezhuaman@yahoo.com (Autor de correspondencia)

\*Autor de correspondencia

### Resumen

La mosca del ají (*N. pendula*) es considerada una plaga con serios efectos en el cultivo por los productores de ají del Chaco de Chuquisaca, Bolivia. La forma convencional de su control es mediante el uso indiscriminado de insecticidas químicos. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de cuatro insecticidas de origen botánico, como son: *Melia azedarach* (Meliaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), *Datura stramonium* (Solanaceae) y *Myrsine laetevirens* (Myrsinaceae), para el control de la mosca del ají (*N. pendula*) en los ecotipos de ají punta de lanza ladrillo y colorado dulce. Se obtuvo menor incidencia de mosca del ají y mayor respuesta a la eficiencia a los insecticidas botánicos en el ecotipo punta de lanza ladrillo, el insecticida botánico *M. azedarach*, se destacó por tener menor incidencia y mayor eficiencia ( $p \leq 0,05$ ) comparando con el testigo. Al realizar comparaciones múltiples, cada ecotipo versus los insecticidas botánicos, se evidenció que el ecotipo ají colorado dulce colorado muestra mejor las diferencias entre los tratamientos, encontrándose baja incidencia de *N. pendula* utilizando los insecticidas preparados con *M. azedarach* y *M. laetevirens*. Se destaca el uso de *M. laetevirens*, debido a que es una planta con poblaciones abundantes en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iníao, Chuquisaca. Se discute el uso de insecticidas botánicos como alternativa para el control de la mosca del ají, en programas de manejo integrado de plagas, como alternativa agroecológica para el manejo de esta plaga en la región.

**Palabras clave:** Bio insecticidas, cultivo de ají insecticidas botánicos, mosca del ají (*N. pendula*).

### Abstract

The pepper fly (*N. pendula*) is considered a pest with serious effects on this crop for the producers of pepper in the Chaco region of Chuquisaca, Bolivia. The conventional form of control is through the indiscriminate use of chemical insecticides, hence the objective of this work in evaluating the efficiency of four insecticides of botanical origin, like *Melia azedarach* (Meliaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), *Datura stramonium* (Solanaceae) and *Myrsine laetevirens* (Myrsinaceae), for the control of the pepper fly (*N. pendula*) in the cultivars of pepper, "punta de lanza ladrillo" and "colorado dulce". A minor incidence of the pepper fly and substantive results in the efficiency of the botanical insecticides with the cultivar, "punta de lanza ladrillo"; the botanical insecticide *M. azedarach*, was noted for having less incidence of the pest and greater efficiency ( $p \leq 0,05$ ) compared with the test sample. In carrying out multiple comparisons each cultivar versus the botanical insecticides, it was found that the cultivar "ají colorado dulce", shows results the best between treatments, where a low incidence of *N. pendula* was found using the insecticides prepared with *M. azedarach* and *M. laetevirens*. The use of *M. laetevirens* is highlighted as it is a

species with abundant populations in the Serranía de Ináon National Park and associated integrated managed area. The use of botanical insecticides is discussed as an alternative in the control of the pepper fly, in programs for pest management, and also as an agroecological alternative for the management of this pest in the region.

**Key words:** Botanic insecticides, pepper crop, pepper fly (*N. pendula*).

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de insecticidas sintéticos es el método más común para controlar plagas en cultivos hortícolas, como el ají (*Capsicum* Linneo 1753) (Berny-Mier y Teran *et al.* 2013). Pero existen efectos secundarios de estos insecticidas que afectan a los enemigos naturales de varias especies plaga (El-Wakeil *et al.*, 2013), además dichas plagas llegan adquirir con el tiempo resistencia a los insecticidas mediante diferentes mecanismos genético-metabólicos (Field *et al.*, 2001; Onstad, 2014). Y por otra parte, los insecticidas sintéticos representan una amenaza para el medio ambiente y para la salud humana (Ntalli y Menkissoglu-Spiroudi, 2011).

Los insecticidas botánicos (o bio-insecticidas) se han promocionado como otra alternativa atractiva a los plaguicidas químicos sintéticos para el control de plagas (Iannacone y Lamas, 2002; Ntalli y Menkissoglu-Spiroudi, 2011) porque son más amigables con el medio ambiente, son accesibles económicamente para los agricultores en países en desarrollo y además existe experiencia cultural, de utilizar extractos de especies de plantas locales en el control de plagas (Isman, 2008). La aplicación de insecticidas botánicos se remonta desde nuestros antepasados (400 años A.C.), como algunas plantas usadas por su poder insecticida, como ejemplo se menciona: *Physostigma venenosum* (Leguminosae) y *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Compositae) precursoras de los famosos plaguicidas carbamatos y piretroides respectivamente, y otra planta muy conocida con buenas propiedades es *Nicotiana tabacum* (Solanaceae), con propiedades insecticidas conocidas desde 1690 y fue usada contra insectos chupadores en jardines (Matsumura, 1975; Silva-Aguayo, 2007).

En Bolivia el cultivo del ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* (Willd.)), representa un cultivo de alta importancia, especialmente para el departamento de Chuquisaca. Del volumen de producción de más 4100 Ton anuales (INE, 2009), Chuquisaca es el primer productor de ají deshidratado, con un aporte del 92% de la producción nacional. La mayor concentración del este cultivo, está principalmente en siete provincias: Tomina, Juana Azurduy, Nor Cinti, Sud Cinti, Hernando Siles, Luis Calvo y Belisario Boeto del departamento Chuquisaca (FTDA Valles, 2007;

Bejarano, 2013). En estas provincias se ha encontrado una alta diversidad genética de *C. baccatum* var. *pendulum*, registrándose 45 ecotipos de ají conservados en campos de agricultores (PROINPA, 2007).

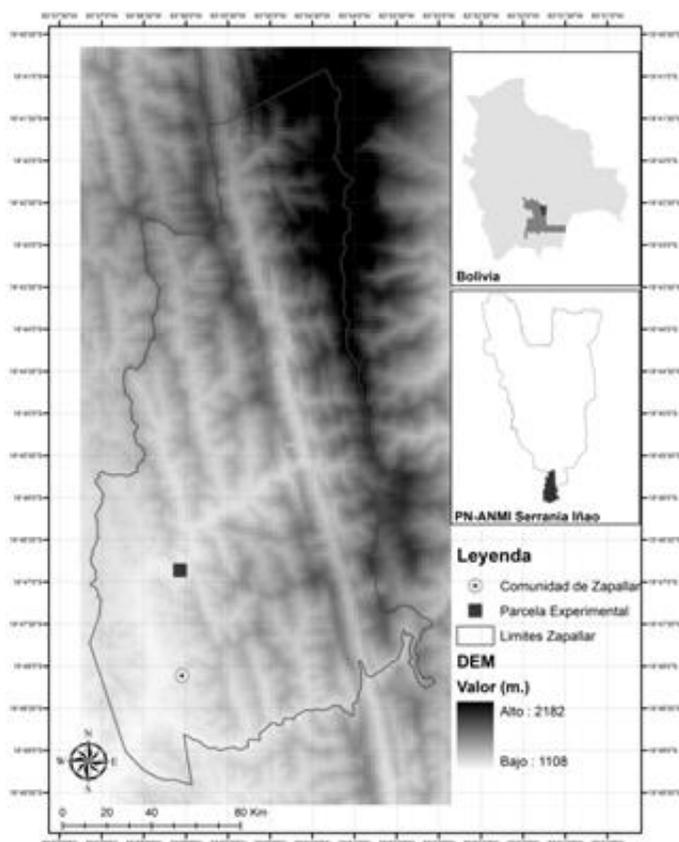
Actualmente en Chuquisaca existen problemas en la producción de ají, debido a la presencia de plagas y enfermedades, entre ellos están especialmente la mosca del ají, que pertenece al género *Neosilba* McAlpine, 1962 (Díptera: Lonchaeidae), y es considerado de importancia económica debido a los daños que causan atacando el fruto, de plantas cultivadas y silvestres (Strikis y Lerena, 2009; Uchôa, 2012). Hasta el momento se han descrito 40 especies (Galeano-Olaya y Canal, 2012), y la especie *Neosilba péndula* (Bezzi, 1919), denominada como la mosca azul en Chile (Klein y Waterhouse 2000) o mosca del ají en Bolivia (Gonzales, 1994; Bejarano, 2013), es la especie que provoca el aborto de los frutos, debido a que genera una necrosis a lo largo del fruto, llegando a exponer parte de las semillas (CATIE, 1993). De manera que *N. pendula* y los insectos vectores de la churquera, están ocasionando pérdidas que pueden llegar hasta un 40% en la producción (Bejarano, 2013). En la actualidad esta problemática se ha incrementado y no se ha logrado controlar completamente, a pesar de los esfuerzos realizados por los productores y técnicos de campo (León, 2008).

Con el fin de contribuir con nuevas alternativas para el control de la mosca de ají (*N. pendula*) en Chuquisaca, el objetivo de esta investigación fue probar la eficiencia de cuatro insecticidas de origen botánico: *Melia azedarach* L. (Meliaceae) árbol nativo de Australia meridional, que ha demostrado ser bastante eficaz como insecticida (Huerta *et al.*, 2008; Chiffelle *et al.*, 2011), *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), esta especie contiene terpenoides con una capacidad insecticida ya probada (Collavino *et al.*, 2006; Arboleda *et al.*, 2010), *Datura stramonium* (Solanaceae), que de la misma manera presenta propiedades insecticidas, por la presencia de alcaloides y es una alternativa sustentable de control de la plaga (Sandoval-Reyes *et al.*, 2013; El-Massad *et al.*, 2012) y *Myrsine laetevirens* Mez 1902 (Myrsinaceae) son árboles nativo de América del Sur, que han sido probados para el control de Damping off en la almáciguera (FDTA-Valles, 2007).

## 2. METODOS

### 2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en una parcela experimental de la comunidad San Pedro del Zapallar, esta se encuentra a cuatro kilómetros del Municipio de Monteagudo, sobre el camino departamental Monteagudo-Santa Cruz. Zapallar pertenece a la zona de amortiguamiento del área protegida Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-AMNI) Serranía del Iñaño (Figura 1). Geográficamente está ubicada en las coordenadas 20°06'36" latitud sur y 63°26'41" latitud oeste, a una altura de 1153 m. La precipitación total anual de 1010 mm, presentando máximas de 166 mm en el mes de enero y mínimas de 10 mm en el mes de julio, además la temperatura media máxima supera los 20°C (SERNAP, 2011).



**Figura 1. Ubicación de la parcela experimental dentro de los límites de la comunidad San Pedro de Zapallar, en el área protegida PN-AMNI Serranía del Iñaño.**

### 2.2. Preparación de los extractos

La selección de las plantas como bioinsecticidas se realizó en función a las investigaciones de Jiménez *et al.* (2010) y Casasola (1995), que hacen referencia al uso de plantas para el control de insectos. Las partes utilizadas fueron hojas, ramas, frutos y semillas. Para mayor efectividad de los insecticidas botánicos se adicionó jabón común comercial (biodegradable) a los diferentes tratamientos. Los insecticidas botánicos fueron obtenidos por el método de maceración, que consistió en dejar seis días de reposo, que es una de las formas donde no existe modificación del principio activo de la plantas. Las dosis utilizadas fueron en una relación de 5:5 (5 kg de materia verde: 5 litros agua). En todo este proceso, se obtuvo 5 lt de soluto de extracto, a este mismo se le adicionó 5 lt de agua llegando a tener una solución de 10 lt listo para aplicar. De esta solución se aplicó a cada unidad experimental 1.25 lt. En el caso del testigo sólo se aplicó agua. Los insecticidas botánicos se aplicaron con un pulverizador de 20 lt, esta actividad se la realizó en horas de la tarde; esto con el fin de dar un ambiente óptimo y tener una acción más eficaz de los insecticidas botánicos ya que estos son de fácil degradación por la radiación solar. Las aplicaciones se realizaron en toda el área foliar y frutos de la planta, hasta que estos queden bien cubiertos por el producto. La frecuencia de aplicación fue cada seis días durante los meses de marzo, abril, mayo y la primera quincena de mes de junio, que fueron los meses de mayor incidencia de mosca de ají.

### 2.3. Disposición de la parcela experimental

Se realizó el establecimiento de almacigo, utilizando arena, tierra común y materia orgánica en proporciones iguales. La desinfección fue con agua hervida hasta saturar el suelo. Esta actividad se realizó un día antes de almacigado. Posteriormente, se procedió a la preparación del terreno, que inició un mes antes, para destruir el ciclo biológico de algunas plagas que podrían ser resistentes al invierno, con una pasada de Romplom y una con rastra. Finalmente, se procedió a realizar el surcado (mecanizado) con la separación entre surcos de 70 cm. Posteriormente se procedió a los 45 días del almacigado al trasplante manualmente, después de una lluvia copiosa, para que las plántulas tengan un buen porcentaje de prendimiento, la distancia de planta a planta fue de 0,50 cm, con 11 plantas por surco y un área experimental total de 15,9 m<sup>2</sup>.

Durante la etapa de establecimiento del cultivo, se realizaron labores culturales como el refallo a los siete días después del trasplante. Luego el control de malezas mediante carpidas, la primera se realizó a los 15 días después de trasplante y la segunda a los 15 días. También se efectuó dos desmalezadas manuales en la fase final de desarrollo del cultivo, además del aporque que fue en todo el periodo de producción. La fertilización, se realizó a los 15 días después del trasplante que se complementó con fertilización orgánica (gallinaza) 4 Tn/ha. La cosecha y secado del fruto, se realizó a los 160 días después de trasplante de forma manual, cuando todos los frutos alcanzaron su madurez fisiológica y una humedad de 40% a 45% en ambos ecotipos. El deshidratado tuvo un lapso 14 días, hasta alcanzar una humedad del 15%.

## 2.4. Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar en arreglo factorial 2x5 con cuatro repeticiones por cada tratamiento, haciendo un total de 40 unidades experimentales y la interacción de los dos factores en estudio: ecotipos de ají x tipo de insecticida botánico. Los ajís evaluados son dos ecotipos de *C. baccatum* var. *pendulum* (Willd.): Punta de lanza ladrillo y Colorado dulce; y los insecticidas botánicos son T1 = testigo o sin aplicación de insecticida botánico, T2 = Ricino (*R. communis*), T3 = Paraíso (*M. azedarach*), T4 = Yuruma (*M. laetevirens*) y T5 = Chamico (*D. stramonium*). Se evaluaron dos variables, el porcentaje de incidencia con el método de Anculle (1999) y eficacia según Abbott (1925), durante cinco fechas de aplicación y para cada aplicación a las 1, 24 y 48 horas. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza usando el programa estadístico InfoStat (Balzarini *et al.*, 2008) y se compararon las medias con pruebas de Tukey ( $p > 0,05$ ). Para cuantificar el porcentaje del daño se calculó el porcentaje de incidencia =  $NFD/NFT \times 100$  (NFD: No. de frutos dañados y NFT: No. de frutos totales), y el porcentaje de eficiencia =  $(L1-L2)/L1 \times 100$  (L1: Frutos total evaluados, L2=Frutos dañados).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Ecotipos de ají

Los dos ecotipos de ají evaluados han respondido de manera diferente a los insecticidas botánicos en la incidencia y eficiencia (Figura 2 A y B). En base a los datos obtenidos, el ecotipo punta de lanza ladrillo es el

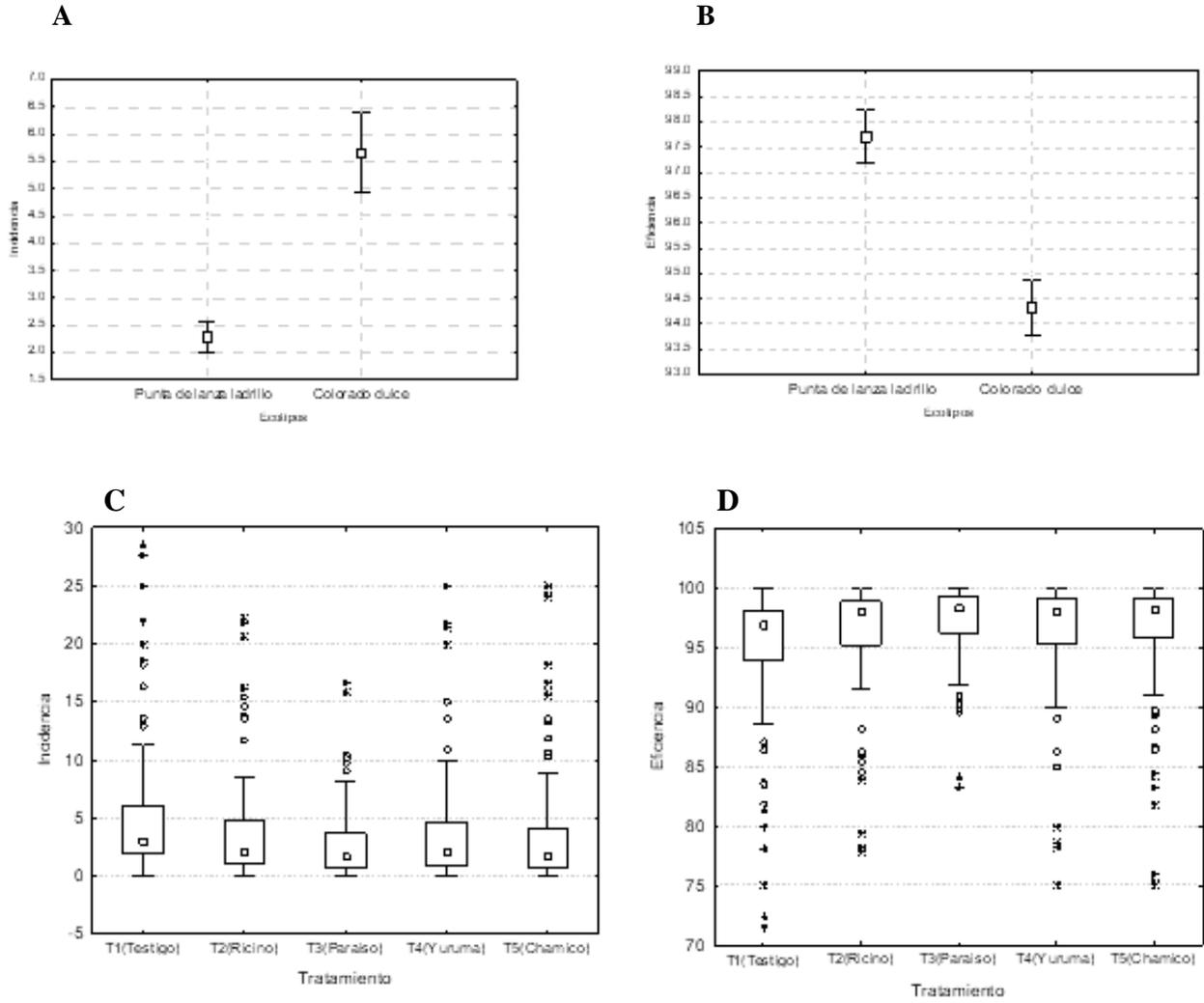
que presenta menor incidencia de plagas, y la mayor eficiencia al efecto de los insecticidas (Tabla 1), probablemente por la mayor cantidad de picor que presenta el primero. Por otra parte, se obtuvo que los insecticidas botánicos comparando entre sí (Figura 2C y D), mostraron que sí existen diferencias significativas a partir de los resultados del análisis de varianza (Tabla 1). Y esto se debe a que el insecticida botánico *M. azedarach* (paraíso), se destacó por tener menor incidencia y mayor eficiencia ( $p \leq 0,05$ ) comparando con el testigo. Otros estudios de la misma manera han demostrado la mayor eficiencia de los extractos *M. azedarach* como insecticida botánico (Huerta *et al.*, 2008; Chiffelle *et al.*, 2011) y que la incidencia disminuye, debido a que concentraciones altas por encima de 1% afectan en la alimentación, ovoposición y muerte de insectos plaga, resultados también obtenidos por Ibáñez y Zoppolo (2008).

### 3.2. Insecticidas botánicos

Al realizar comparaciones de cada ecotipo versus los insecticidas botánicos, se determinó que existen diferencias significativas entre cada interacción ( $p \leq 0,05$ ) (Tabla 1). Se observa en la Figura 3 que el ecotipo del ají “punta lanza ladrillo”, presentó menor incidencia del ataque de *N. pendula*, pero no se pudo diferenciar el efecto entre los insecticidas botánicos, ya que la incidencia no varía significativamente entre los tratamientos y de la misma manera para los resultados de eficiencia (Tabla 2).

En cambio el ecotipo “ají dulce colorado”, aunque presentó mayor incidencia de *N. pendula*, los valores más bajos se encontraron en *M. azedarach* (Paraíso) y *M. laetevirens* (Yuruma) (Figura 3). Estos dos insecticidas botánicos son más eficientes en el “ají dulce colorado” (Tabla 2). Se destaca la especie *M. laetevirens*, debido a que es una planta nativa que se encuentra en el área protegida. En base a las recomendaciones de Jiménez *et al.* (2011) para el uso de plantas nativas en el control de insectos, esta planta ha demostrado ser eficiente. Sus propiedades insecticidas pueden ser usadas además para controlar enfermedades ya que posee actividad antimicrobiana y antiviral (Vivot y Cruañes, 2008).

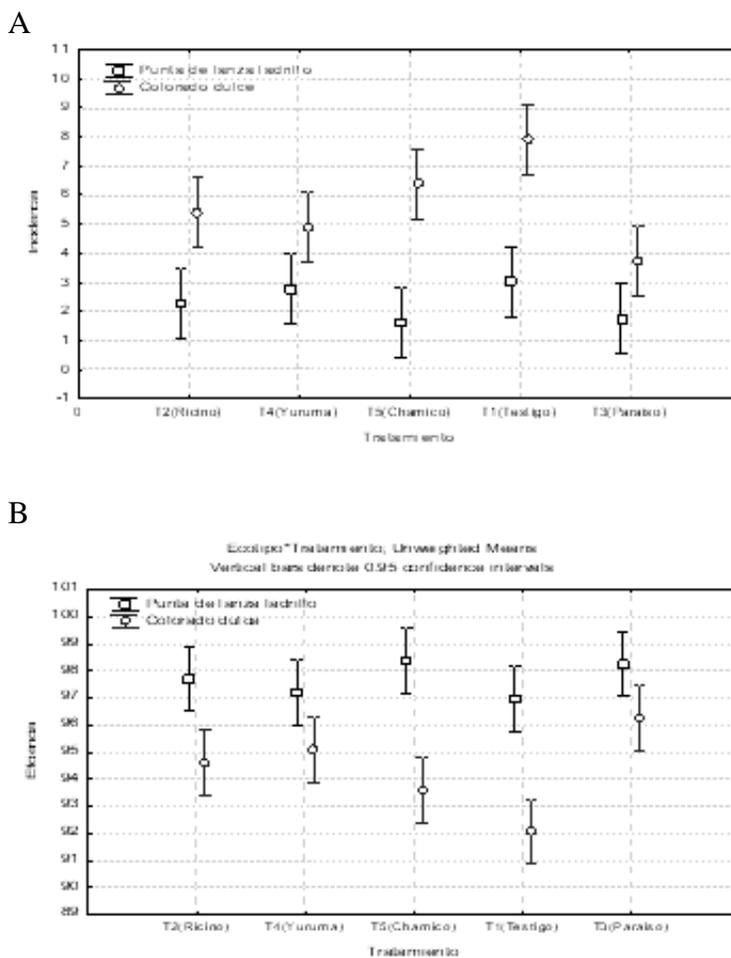
Asimismo, los resultados que se obtuvieron con la matriz de correlaciones, demuestran que los insecticidas botánicos *M. azedarach* (Paraíso) y *M. laetevirens* (Yuruma), tuvieron el mismo efecto en ambos ecotipos de ají, debido a que no encontró diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 2. Diagrama de cajas mostrando diferencias entre el porcentaje de incidencia (A) y porcentaje de eficiencia (B) de los ecotipos “punta de lanza ladrillo” y “colorado dulce”, a partir de la aplicación de los insecticidas botánicos. Y variabilidad de los tratamientos tanto incidencia (C) y eficiencia (D). T1: Testigo, T2: Ricino, T3: Paraíso, T4: Yuruma, T5: Chamico.**

**Tabla 1. Análisis de varianza del efecto de los insecticidas botánicos sobre la incidencia y eficiencia en los dos ecotipos de ají “punta de lanza ladrillo” y “colorado dulce”.**

Incidencia y Eficiencia	G. L.	S.C.	C.M.	F	p
Intercepto	1	9502.62	9502.624	420.5784	0.000000
Bloque	3	18.58	6.193	0.2741	0.844090
Ecotipo	1	1711.46	1711.461	75.7479	0.000000
Tratamiento	4	461.75	115.438	5.1092	0.000475
Bloque*Ecotipo	3	65.97	21.991	0.9733	0.404926
Bloque*Tratamiento	12	491.92	40.993	1.8143	0.042896
Ecotipo*Tratamiento	4	234.94	58.735	2.5995	0.035351
Bloque*Ecotipo*Tratamiento	12	271.47	22.622	1.0012	0.446195
Error	560	12652.74	22.594		
Total	599	15908.83			



**Figura 3. Diagrama de cajas mostrando diferencias en la incidencia (A) y eficiencia (B), debido al del efecto de los cuatro insecticidas botánicos en los dos ecotipos de ají “punta lanza ladrillo” y “dulce colorado”.**

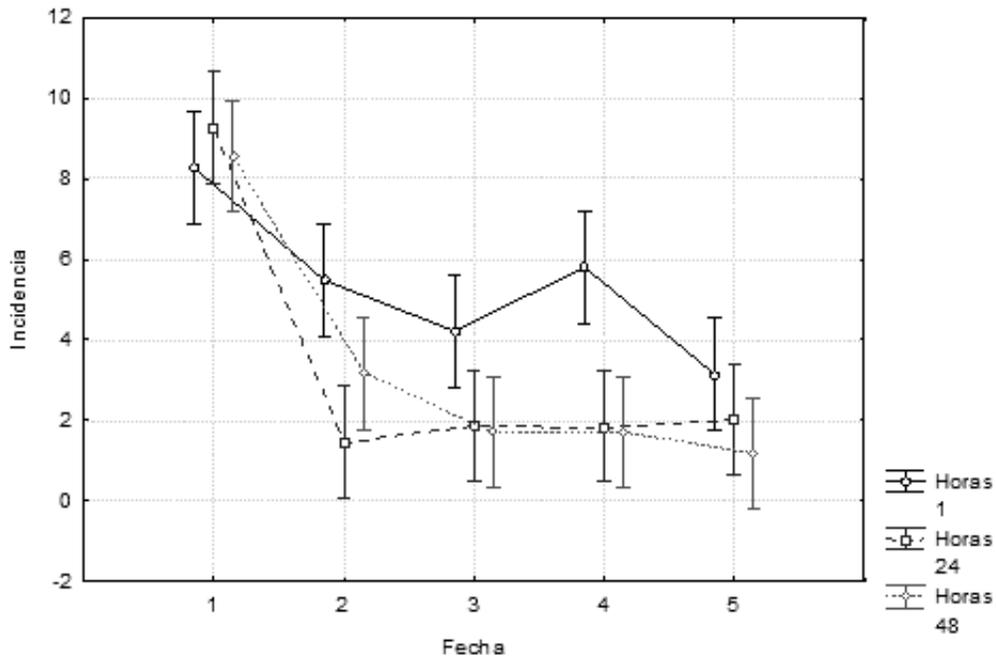
**Tabla 2. Matriz de correlaciones que compara la interacción de los ecotipos de ají *versus* los cuatro insecticidas botánicos en función a la incidencia y eficiencia. PLL: Punta lanza ladrillo; CD: Colorado dulce; T1: Testigo, T2: Ricino, T3: Paraíso, T4: Yuruma, T5: Chamico.**

Incidencia Eficiencia	PLL*T2 {1}	PLL*T4 {2}	PLL*T5 {3}	PLL*T1 {4}	PLL*T3 {5}	CD*T2 {6}	CD*T4 {7}	CD*T5 {8}	CD*T1 {9}	CD*T3 {10}
PLL*T2 {1}		0.999894	0.998972	0.997517	0.999782	0.012582	0.076935	0.000107	0.000012	0.813605
PLL*T4 {2}			0.940936	1.000000	0.969388	0.080641	0.306582	0.001420	0.000013	0.986293
PLL*T5 {3}				0.833354	1.000000	0.000594	0.005960	0.000014	0.000012	0.303204
PLL*T1 {4}					0.893739	0.164835	0.488474	0.004346	0.000013	0.998501
PLL*T3 {5}						0.001041	0.009799	0.000016	0.000012	0.385965
CD*T2 {6}							0.999917	0.979920	0.099219	0.659158
CD*T4 {7}								0.788667	0.017430	0.942459
CD*T5 {8}									0.749871	0.067808
CD*T1 {9}										0.000067
CD*T3 {10}										

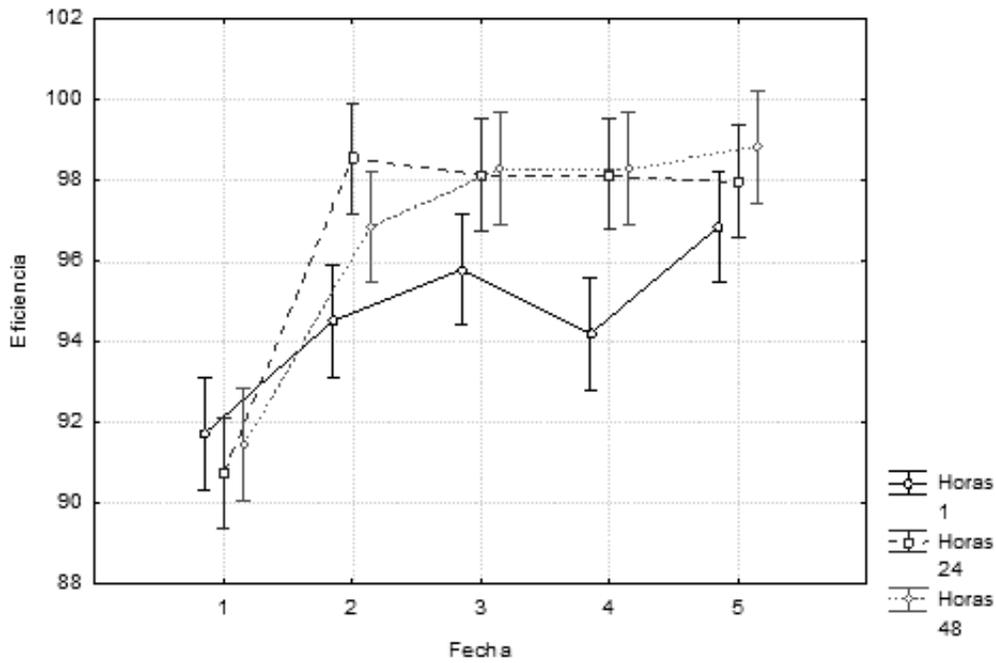
**Tabla 3. Análisis de varianza del efecto de los insecticidas botánicos a partir de las fechas y horas sobre la incidencia y eficiencia en los dos ecotipos de ají.**

Incidencia y Eficiencia	G. L.	S.C.	C.M.	F	p
<b>Intercepto</b>	1	9502.62	9502.624	478.4952	0.000000
<b>Fecha</b>	4	3459.85	864.963	43.5544	0.000000
<b>Hora</b>	2	594.00	297.000	14.9551	0.000000
<b>Tratamiento</b>	4	461.75	115.438	5.8128	0.000139
<b>Fecha*Horas</b>	8	422.73	52.842	2.6608	0.007188
<b>Fecha*Tratamiento</b>	16	386.15	24.134	1.2153	0.251134
<b>Hora*Tratamiento</b>	8	61.60	7.700	0.3877	0.927253
<b>Fecha*Horas*Tratamiento</b>	32	96.56	3.018	0.1519	1.000000
<b>Error</b>	525	10426.18	19.859		
<b>Total</b>	599	15908.83			

A



B



**Figura 4. Diagrama de cajas mostrando diferencias entre las cinco fechas de aplicación y el efecto de las horas, de los insecticidas botánicos sobre la incidencia (A) y la eficiencia (B).**

## 4. CONCLUSIÓN

La menor incidencia y la mayor eficiencia al efecto de los insecticidas botánicos fueron registradas en el ecotipo de ají punta de lanza ladrillo en relación al colorado dulce. El insecticida botánico elaborado con *Melia azedarach* (paraíso), fue el que registro la menor incidencia y la mayor eficiencia en el control de la mosca del ají (*Neosilvappendula*), que se atribuye a su contenido de terpenoides (meliartenina y meliacarpinina), sustancias referidas como toxicas por ingestión y disuasivos alimentarios para distintas plagas agrícolas. En el ecotipo “ají dulce colorado” se pudo diferenciar mejor el efecto de los insecticidas botánicos, encontrándose la menor incidencia y la mayor eficiencia en los tratamientos de *M. azedarach* (Paraíso) y *M. laetevirens* (Yuruma). Se destacándose la especie *M. laetevirens* por ser nativa en el del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao, que además de su efecto insecticida tiene propiedades fungicidas.

Los insecticidas botánicos son una alternativa para el control de la mosca del ají (*N. Pendula*), evidenciándose una reducción de la incidencia y mayor eficiencia de estos de la primera a la segunda aplicación. Manteniéndose bajo control el ataque de la mosca del ají, a partir de la segunda aplicación. Medida que puede ser coadyuvada con el uso de trampas de color para darle mayor seguridad al agricultor.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Anculle, A. y R. Álvarez. 1999. Evaluación de enfermedades de plantas. Versión 2. Arequipa Perú.
- Arboleda, F.J., O.A. Guzmán, y J.F. Restrepo. 2010. Efecto in vitro de extractos acuosos de higuera (*Ricinus communis* Linneo) sobre el nematodo Barrenador [*Radopholussimilis* (Cobb) Thorne]. *Agron.*, 18(2): 25 – 36.
- Balzarini, M.G., L. Gonzalez, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo, C.W. Robledo. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina
- Bejarano, C. 2013. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Ají. Chuquisaca. Bolivia.
- Berny-Mier y Teran, J.C., L. Abdala-Roberts, A. Durán-Yáñez, F. Tut-Pech. 2013. Variation in insect pest and virus resistance among habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) in Yucatán, México. *Agrociencia* 47: 471-482.
- Casasola, E.E. 1995. Efectividad del uso de extractos orgánicos para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*); en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), en el municipio de San José La Arada. Tesis grado Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Chiquimula. Guatemala.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Serie técnica. Informe técnico / CATIE, N° 201. Turrialba, Costa Rica. 168 p.
- Chiffelle, I., A. Huerta, F. Azúa, K. Puga, y J. E. Araya. 2011. Antifeeding and insecticide properties of aqueous and ethanolic fruit extracts from *Melia azedarach* L. on the elm leaf beetle *Xanthogalerucaluteola* Müller. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(2): 218-225.
- Collavino, M., A. Pelicano, y R.A. Giménez. 2006. Actividad insecticida de *Ricinus communis* L. sobre *Plodia interpunctella* Hbn. (Lepidoptera: Phycitinae). *Rev. FCA UNCuyo*, 18(1): 13-18.
- El-Massad, H.A., A.A. Satti y Z.A. Alabjar. 2012. Insecticidal potentiality of *Daturainnoxia* leaf extracts against the cluster bug (*Agonoscelis pubescens* (Thunberg)). *Global Advanced Research Journal of Environmental Science and Toxicology*, 1(6) pp. 172-177
- El-Wakeil, N., N. Gaafar, A. Sallam y C. Volkmar. 2013. Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. En: S. Trdan (Ed.). *Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies*. Ed. In Tech. pp: 3-56.
- Field, L.M., R.L. Blackman, y A.L. Devonshire. 2001. Evolution of amplified esterase genes as a mode of insecticide resistance in aphids. En: Ishaaya, I. (Ed.). *Biochemical Sites of Insecticide Action and Resistance*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. Alemania. pp: 209-219.
- Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles (FDTA-Valle). 2007. Manual de cultivo de ají. Cochabamba, Bolivia.
- Galeano-Olaya, P.E. y N. A. Canal. 2012. New species of *Neosilba* McAlpine (Diptera:

- Lonchaeidae) and new records from Colombia. *Papeís Avulsos de Zoologia*, 52(31): 361-385.
- Gonzales, D. 1994. Control químico de la mosca del ají (*Silba pendula*). Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia.
- Huerta, A., I. Chiffelle, D. Lizana, y J.E. Araya. 2008. Actividad insecticida de extractos del fruto de *Melia azedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 34: 425-432.
- Iannacone, J y G. Lamas. 2002. Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 65: 92 – 101.
- Ibáñez, F. y R. Zoppolo. 2008. Manejo de plagas en agricultura orgánica: Extractos de “paraíso” para control de insectos. *Boletín de Divulgación N° 94*. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. Montevideo – Uruguay. pp: 1-16.
- Instituto Nacional de Estadística, INE. 2009. Resultados: Encuesta nacional Agropecuaria – ENA 2008. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz. Bolivia.
- Isman, M.B. 2008. Perspective botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Management Science*, 64:8–11.
- Jiménez, M., A. Carretero, J. Orías, R. Lozano y E. Cervantes. 2011. Guía de plantas útiles. Parque nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño. Herbario Sur de Bolivia, Proyecto Beisa 2. Sucre, Bolivia.
- Klein, C., y D.F. Waterhouse. 2000. The distribution and importance of arthropods associated with agriculture and forestry in Chile (Distribución e importancia de los artrópodos asociados a la agricultura y silvicultura en Chile). *ACIAR Monograph No. 68*, 234 pp.
- León, R. 2008. Fluctuación poblacional y distribución de las mosca del ají (*Silba pendula*), en el municipio de Padilla. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia.
- Matsumura, F. 1975. Toxicology of insecticides. Plenum Press. New York. U.S.A. pp: 45-97.
- Ntalli, N.G. y U. Menkissoglu-Spiroudi. 2011. Pesticides of Botanical Origin: A Promising Tool in Plant Protection. En: Stoytcheva, M. (Ed.). *Pesticides - Formulations, Effects, Fate*. Ed. InTech. pp:3-24.
- Onstad, D.W. 2014. Major issues in insect resistance management. En: Onstad, D.W. (Ed.). *Insect resistance management: Biology, Economics, and Prediction*. 2 ed. Academic Press is an imprint of Elsevier. United States of America. pp: 1-23.
- PROINPA. 2007. Catálogo de ají de ecotipos conservados en campos de agricultores. Fundación PROINPA. Cochabamba. Bolivia.
- Sandoval-Reyes, F., M.L. Arriaga-Gaona, L. Hernández, I. Hernández-Romero y F.I. Guzmán-González. 2013. Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Datura stramonium*, *Piper auritum* y *Azadirachta indica* juss sobre la *Diaphorinacitri*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9(1): 22-29.
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia (SERNAP). 2011. Plan de Manejo del PN y ANMI Serranía del Iñaño 2012 - 2021. Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño. Monteagudo, Chuquisaca. Bolivia.
- Silva-Aguayo, G. 2007. Botanical Insecticides. Universidad de Concepción, Chillán Chile. (Visitado: 22/01/2014). Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/SilviaAguayo.htm>
- Strikis, P. C. y M.L.M. Lerena. 2009. A new species of *Neosilba* (Diptera, Lonchaeidae) from Brazil. *Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre*, 99(3):273-275.
- Uchôa, M.A. 2012. Fruit Flies (Diptera: Tephritoidea): Biology, Host Plants, Natural Enemies, and the Implications to Their Natural Control. En: Larramendy, M.L. y S. Solonesk. (Ed.). *Integrated Pest Management and Pest Control - Current and Future Tactics*. Ed. InTech. pp: 271-300.
- Vivot, E.P. y M.J. Cruaños. 2008. Actividades antimicrobiana y antiviral de extractos vegetales de algunas especies de la flora de Entre Ríos. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 37: 177-189.

## Caracterización socio-cultural y económica de las naciones indígenas de Bolivia

*Socio-cultural and economic characterization of the indigenous nations from Bolivia*

Maldonado, R.M.<sup>1\*</sup> y Torrico J.C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Oruro. Calle 6 de octubre entre calles Cochabamba y Ayacucho, Nro. 5715, Oruro – Bolivia.

ru.mava@hotmail.com; ru.malvar@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad de Ciencias Aplicadas Colonia. Bezdorferstr 2. 50679 Köln. - Germany.

\*Autor de correspondencia.

### Resumen

El reconocimiento de las Naciones Indígenas que componen América Latina, se dio posterior a la colonización que fue el génesis de una mezcla sin precedente de gentes y culturas. Bolivia cuenta con una gran diversidad socio cultural y lingüístico. La actual Constitución Política del Estado ahora plurinacional (2009) reconoce las tradiciones e idiomas de las naciones indígenas. Actualmente en Bolivia coexisten 36 pueblos indígenas, los pueblos indígenas de las tierras altas son 3, se encuentran en la región andina Boliviana, en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca. Los pueblos indígenas de tierras bajas son 33, se encuentran en los departamentos de Beni, Pando, Tarija y Santa Cruz. Las naciones y pueblos indígenas de nuestro país han sido sometidos durante la colonia, eran considerados seres inferiores y sin alma, fueron sometidos al esclavismo donde no se reconocían sus derechos y eran tratados de forma inhumana. Las demandas desarrolladas por los pueblos indígenas originarios campesinos en la búsqueda de reconocimiento de sus derechos y por la defensa de los recursos naturales fueron hitos importantes que marcaron los procesos de transformación estatal. Las naciones indígenas de Bolivia presentan niveles de desarrollo humano bajos lo que ocasiona la pobreza extrema, tal situación repercute en que la tasa de mortalidad infantil sea una de las más altas.

**Palabras claves:** Naciones, Indígenas, Originarios, campesinos, pobreza.

### Abstract

Recognition of Indigenous Nations that make up Latin America, its later colonization was the genesis of unprecedented mix of peoples and cultures. Bolivia has a cultural and linguistic diversity in the current State Constitution; the indigenous nations are recognized as well as their traditions and languages. Currently, in Bolivia coexists 36 indigenous nations, indigenous nations of the highlands are 3, which are in the Bolivian Andes, in the cities of La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, and Chuquisaca. The indigenous nations of the lowlands are 33, which are in the cities called Beni, Pando, Tarija and Santa Cruz. Indigenous nations and people of our country have been subjected within the colony and they were considered inferior and soulless beings were subjected to slavery where their rights were not recognized and were treated as subhuman. Claims developed by peasant indigenous peoples in seeking recognition of their rights and the defense of natural resources were important milestones that pointed the processes of state transformation. Bolivia's indigenous nations have low levels of human development leading to extreme poverty; this situation affects the infant mortality rate (IMR) which is one of the highest.

**Key words:** Indigenous nations, indigenous people, peasant, poverty.

## 1. INTRODUCCIÓN

Es nación y Pueblo indígena Originario Campesino toda la colectividad humana que comparte identidad cultural, idioma, tradición histórica, instituciones, territorialidad y cosmovisión, cuya existencia es anterior a la invasión colonial Española (CPE, 2009).

El reconocimiento de las naciones que componen América Latina, se dio posterior a la colonización que fue el génesis de una mezcla sin precedente de gentes y culturas. Las poblaciones indígenas más numerosas se encuentran en Bolivia, Perú, Ecuador, Guatemala y México (UNICEF, 2009).

Bolivia es un país de vasto territorio ubicado casi exactamente en el centro del continente sudamericano, con fronteras que nos comunican con cinco vecinos. Perú en el oeste, Brasil en el norte, Paraguay y Argentina en el sur y Chile en el sudoeste. Con una extensión aproximada de 1,100.000 km<sup>2</sup> y dividida en nueve departamentos.

La nación boliviana está conformada por la totalidad de las bolivianas y los bolivianos, las naciones y pueblos indígena originario campesinos, y las comunidades interculturales y afro bolivianas que en conjunto constituyen el pueblo boliviano (CPE, 2009). “Nuestra diversidad expresa riqueza. Cada uno de los pueblos indígenas que habitan el territorio nacional es depositario de un conjunto de valores que se manifiestan en formas propias de ver el mundo; la naturaleza de organizarse, de generar arte, de producir, de vivir y sentir”.

Los pueblos Indígenas y Originarios de Bolivia se clasifican en dos grupos: Los de las Tierras Altas y los de Tierras Bajas. Los Pueblos Originarios que se encuentran en las tierras altas, más conocidas como Altiplano. Allí se destacan a los incas como los más representantes. La Amazonía, aglutina a la mayor cantidad de pueblos indígenas de tierras bajas y refleja la historia de muchos pueblos indígenas, con una larga historia de conquista, sometimiento y asimilación.

El objetivo de este artículo es identificar y describir las Naciones Indígenas de Bolivia, tanto de tierras altas como bajas, describiendo su situación social, cultural, económica y de pobreza.

## 2. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo de investigación se realizó la recopilación y sistematización de la información sobre las Naciones Indígenas de Bolivia, en bases de datos especializadas de las Universidades, gobierno, Naciones Unidas.

Las características determinadas fueron: número de habitantes, ecorregión, departamento, provincia, municipio, comunidad, idioma, actividad principal, productos y vías de acceso. Se construyó una gran base de datos por nación y se depuró toda la información de acuerdo a fuentes.

## 3. RESULTADOS

Las naciones que componen América Latina, son el producto de una Conquista y posterior colonización que fueron el génesis de una mezcla sin precedente de gentes y culturas. Este es un hecho fundamental que permite comprender muchas de las problemáticas que han afectado a las naciones del continente. En efecto, derrotadas militarmente las poblaciones autóctonas se vieron forzadas a adoptar una religión, idioma, instituciones, sistemas de trabajo y prácticas ajenas, que españoles y portugueses impusieron (Cacino y Cristoffanini, 2008).

Las estimaciones sobre la población indígena en América Latina varían, situándose en torno a los 40 millones. Esta cifra comprende aproximadamente al 10% del total de la población de la región. Entre sus principales características está la diversidad cultural, que se puede representar a través del registro de cientos de lenguas diferentes. Las poblaciones más numerosas se encuentran en Bolivia, Perú, Ecuador, Guatemala y México (UNICEF, 2009).

La *Nación* boliviana está conformada por la totalidad de las bolivianas y los bolivianos, las naciones y pueblos indígena originario campesinos, y las comunidades interculturales y afro bolivianas que en conjunto constituyen el pueblo boliviano (CPE, 2009).

El Estado Plurinacional de Bolivia se caracteriza por su diversidad sociocultural y lingüística en la que se reconocen distintas naciones y pueblos denominados por antonomasia indígena, originario campesinos, esta riqueza cultural es una fortaleza inconmensurable, puesto que muchas de ellas se encuentran al borde de la desaparición por la ausencia de políticas de apoyo y sostenimiento de sus singulares formas de vida.

Actualmente en Bolivia coexisten 36 pueblos indígenas, los pueblos indígenas de las tierras altas son 3: Aymaras, Quechuas, Urus, se encuentran en la región andina boliviana. Los pueblos indígenas de tierras bajas son 33, se encuentran fundamentalmente en los departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz.

### 3.1 Pueblos indígenas de tierras bajas

*Los Araonas.* Este grupo dominó la mayoría de los ríos amazónicos. Durante el auge de la goma, esta etnia sirvió de guía a los industriales que explotaron el preciado caucho, los mismos los expulsaron de sus tierras y los esclavizaron.

*Los Toromona.* Los Toromona en la década de los 80 ya eran pocas las familias sobrevivientes que recorrían la selva amenazados por petroleros, madereros y caucheros.

*Los Itonamas.* Los Itonamas, poseen una organización social fundada principalmente en la familia nuclear (de fuertes lazos entre parientes directos como unidad básica), aunque paralelamente se da la familia extendida por lazos de parentesco, caracterizada por relaciones de reciprocidad e intercambio.

*Los Ayoreos.* Esta etnia se caracteriza principalmente por la vida comunitaria, solidaria y de profundo respeto por la vida, el prójimo y la naturaleza que tienen.

*Los Baures.* El padre Cipriano Barace fue quien los contactó alrededor de 1690. Los religiosos introdujeron el ganado vacuno, desconocido en la zona, y les enseñaron música y escritura. Sin embargo, tras la expulsión de los jesuitas, la mayoría abandonó las reducciones católicas y se internaron en los bosques. Para ellos, toda la naturaleza es sagrada. *Los Guaraníes.* Los guaraníes, se dispersaron en las últimas décadas debido a que la gente joven emigra a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida. Ha sido un pueblo muy fuerte. Nunca fueron conquistados por los quechuas ni por los españoles, al contrario, establecían guerras para absorber esclavos, como los chamé. Fue el ejército boliviano el que finalmente pudo doblegarlos a finales del siglo XIX”.

*Los Nahua.* Se trata de un grupo de indígenas que se desplazan por la frontera entre Perú y Bolivia. No se sabe cuántos son ni el área exacta donde se asientan. Es muy probable que hayan sido exterminados o se hayan asentado definitivamente en el Parque Manu en Perú, donde está la mayor parte de la población de este grupo étnico, también llamado Yora. (Ver Gráfico 1). El cuadro N° 7 muestra las principales características del pueblo indígena Nahua.

*Los Canichana.* Conocidos en la Colonia como aguerridos guerreros. Durante el dominio español, en sus tierras se fundieron las campanas de todas las misiones de Moxos. Así, los originarios abandonaron sus armas para conocer los secretos de la platería y del modelado de madera. Una de sus danzas típicas es el

“machetero loco”, la misma que es bailada durante la Semana Santa.

*Los Cavineños.* Antes de la llegada de las misiones evangelizadoras, esta etnia era animista. Sus principales deidades estaban entre los elementos de la naturaleza, en especial los que se hallan en el agua y en el monte. En el siglo XVII los cavineños sufrieron varias migraciones debido a los conflictos armados con los esse ejjas.

*Los Reyesanos.* Algunos investigadores bolivianos identifican a los indígenas reyesanos también como maropas, la historia de este pueblo está ligada con la antigua misión de Los Santos Reyes, que fue creado con el objeto de evangelizar a los grupos.

*Los Weenhayek.* Conocidos en las crónicas coloniales como matacos. Las misiones de los jesuitas salvaron a esta etnia del exterminio total en el siglo XVII. Su religión tradicional era animista y llena de ritos.

*Los Chácobo.* Caco fue el creador de los ríos, según los chácobo. Nunca fueron reducidos en las misiones, pero adoptaron elementos de la cultura occidental con el contacto con otros grupos. Sus aldeas cuentan con grandes habitaciones comunales.

*Los Esse Ejja.* Para este pueblo amazónico, el paraíso se halla en las corrientes de los ríos. Su vida nómada acabó abruptamente tras el contacto con la cultura occidental. Mantienen viva su lengua.

*Los Moré.* Se encontró restos de arte rupestre y cerámica que se cree fueron elaboradas por los antepasados de los moré. En los años 30, recuerdan sus ancianos, se utilizó a miembros del Ejército para forzar a los moré a ser “educados”.

*Los Pacahuara.* Los primeros contactos de los españoles con los pacahuara no fueron pacíficos hasta 1785, cuando al fin los misioneros lograron fundar la misión de Cavinás. Las perforaciones en la nariz, donde introducen trozos de madera, es uno de los signos que los identifica aún hoy.

*Guarasugwe Pauserna.* Los mitos de estos expertos cazadores se basan en yanerami, su mayor divinidad, practican el trueque. Fue en el auge de la goma que estos indígenas fueron diezmados por las enfermedades. (Ver Gráfico N° 1). El cuadro N° 16 muestra las principales características del pueblo indígena Guarasugwe Pauserna.

*Los Sirionó.* Muy poco se ha investigado sobre su origen. Algunos estudios, sin embargo, señalan que llegaron desde Paraguay. Una de sus características es la práctica del culto al animal cazado, como una forma de agradecimiento a la naturaleza.

*Los Chimanes.* Cuentan con un conocimiento de la medicina natural y mantienen su cultura casi intacta. Una epidemia los diezmó a mediados del siglo XIX. La organización social de esta etnia es la familia nuclear, en la que sólo cuentan los parientes directos, pero es abierta, pues mantiene ciertos vínculos de parentesco extendido con otras familias.

*Los Tacana.* La organización social básica de los tacana, se fundamenta en la familia nuclear, formada por los enlaces directos. Tienen tendencia a contraer matrimonios endogámicos en un alto porcentaje, aunque ello no es estricto y cualquiera puede casarse con personas de otro pueblo.

*Afrobolivianos.* Fueron traídos del África, para trabajar en condiciones inhumanas en las minas de plata de Potosí, soportando el frío y la altura. Cuando bajo la minería migraron hacia los yungas, donde tuvieron que aprender a cultivar la hoja de coca. Su organización social se basa en la familia nuclear.

*Los Machineri.* Además de Bolivia, los machineri se hallan en Perú y Brasil. Antes de la llegada del hombre blanco a sus tierras, los machineri mantenían la tradición de contar con un cacique que, además de ser la autoridad de sus miembros, era el curandero y el chamán.

*Los Yaminahua.* Esta etnia mantiene parte de sus tradiciones intactas. Una de ellas es la de venerar a la víbora sicurí como una de sus principales divinidades. La organización social tiene como pilar la familia extensa, actualmente debido a su sedentarización se funda en la familia nuclear, donde están sólo los parientes inmediatos, siendo el padre el jefe. En esta etnia, una mujer puede decidir la separación de su pareja e inmediatamente puede elegir a otro.

*Los Cayubabas.* Son buenos labradores. Son hábiles pescadores: utilizan canastas de forma cónica que arrojan al agua a manera de redes. Las mujeres se destacan por sus habilidades como artesanas, tejidos con fibras vegetales, mientras los hombres se encargan de fabricar ruedas de carretones, cascotes, canoas, gavetas, postes.

*Los Chiquitanos.* Es una cultura ya evolucionada y muy compleja. Mantienen creencias ligadas al mundo sobrenatural, en cada uno de los momentos importantes de la vida cotidiana, como la cacería, la meteorología, la siembra, la cosecha, estas prácticas aparecen paralelas a las tecnologías modernas.

*Los Yuracaré.* Es una etnia bien organizada, que mantiene sus formas tradicionales de cultivo, aunque en los últimos años se han visto obligados a limitar aún más su territorio, principalmente por la migración. Los

yuracaré andan siempre en busca de la Loma Santa, la tierra sin mal que, según su mitología, Dios les tiene predestinada para que se acaben las injusticias.

*Los Yuquis.* Es un pueblo animista, creen en los espíritus de la selva que encarnan en animales, tienen la idea de que las personas poseen dos espíritus que cuando fallecen pueden causar enfermedad o muerte.

*Los Joaquinianos.* La organización social es la familia, compuesta por el padre, la madre y los hijos, el catolicismo es la base de su credo, aunque algunos cultos protestantes entraron con fuerza en los años recientes. Se dice que su procedencia es del Brasil, y que por ello hablan el portugués mejor que el español.

*Los Guarayos.* Una de las costumbres que aún conservan es la minga, que consiste en la preparación y realización de fiestas para la iniciación de las labores de siembra o cosecha, para la que se elaboran ingentes cantidades de chicha de maíz o de yuca. Cuando se acaba la bebida, se acaba la fiesta, y comienza al día siguiente la dura faena agrícola. La organización social de esta etnia se basa en la familia nuclear, de lazos fuertes, característica que no se pierde pese al acelerado proceso de mestizaje.

*Los Lecos.* Antes de la conquista de los españoles, este grupo tuvo una fuerte influencia aymara, la cual hoy se manifiesta en varias de sus tradiciones espirituales.

*Los Tapieté.* Fue en el año 1791 que los misioneros franciscanos dieron cuenta de su, entonces eran definidos como “bárbaros peligrosos”. Una de las tradiciones que mantienen los tapietes es el baile de la rueda y el uso del arco y la flecha para cazar. Tienen, además, varios lugares sagrados como los cementerios de sus ancestros.

*Los Mosetén.* La tierra de los mosetenes fue el paso obligado de los españoles que buscaron infructuosamente el gran Paitití. Antes de la evangelización católica, este grupo era nómada. Ahora la mayoría del millar de mosetenes trabaja la tierra.

*Los Movima.* Los movima son expertos cazadores de animales para extraerles los cueros (caimanes, lagartos, londras, tigrecillos), a fin de obtener dinero. La pesca se hace con atajados, barbasco, anzuelos y redes. Recolectan, además, una gran diversidad de frutos silvestres, pero destacan especialmente la recolección de totora.

*Los Moxeños.* Esta etnia no tiene interés en la actividad de la oferta, demanda y producción. Ellos viven el día, por lo que sus usos y costumbres son también simples y sólo de actividades cotidianas. La organización social de los moxeños se basa en la familia nuclear.

### 3.2 Pueblos indígenas de tierras altas

*Los Aymarás.* La comunidad andina tiene sus raíces en el antiguo ayllu preincaico del mismo nombre. A pesar del tiempo, aún se pueden encontrar rasgos físicos indígenas en gente de las comunidades tradicionales. Se organizan en conjuntos de ayllus que llegan a formar una unidad máxima denominada marka, en la que los pobladores se agrupan en dos mitades: la de arriba y la de abajo: aransayay urinsaya, su autoridad máxima es el jilacata. Otras entidades son el ayllu hijo, que puede ser denominada comunidad, cabildo o kawiltu, sindicato o estancia.

*Los Quechuas.* Este grupo comparte con los aymarás la centenaria estructura del ayllu. Su religiosidad está íntimamente ligada con la agricultura, pues es mediante rituales agrarios según su concepción como consiguen favores de la Pachamama (Madre Tierra). Los quechuas tienen su propia filosofía del tiempo y del espacio, que está representada en kaypacha (nuestro mundo), todo lo que nos rodea y lo que puede ser palpable, lo sobrenatural y lo intangible.

*Los Urus.* Su trascendencia siempre fue muy escasa a raíz del dominio expansivo aymara que perduró durante todo el tiempo de la Colonia, las costumbres y pureza se mantienen casi intactas, más allá de la escasa densidad poblacional.



Gráfico 1. Mapa de ubicación de las naciones indígenas de Bolivia.

**Cuadro 1. Características de pueblos indígenas de tierras bajas y altas.**

	<b>Habitantes</b>	<b>Ecorregión</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Idioma</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Productos</b>	<b>Vías de acceso</b>
Araonas	1.398	Amazónica	La Paz	Iturrealde	Ixiamas	Puerto Arjona	Tacana	Recolección forestal, caza y pesca	Castaña, caucho, madera, frutas	Aérea y Fluvial
Tromon	No det.	Amazónica	Norte de La Paz y Beni	Iturrealde, Ballivian, Vaca Diez	Tacana	Puerto Arjona	Toromona	Recolección, caza, pesca	Cultivo del maíz legumbres	Fluvial
Itonamas	2.940	Amazónica	Beni	Iténez y Mamoré	Magdalena Baures, San Ramón y San Joaquín	Magdalena, Chumano, San Ramón, Huaracajes, Nueva Calama, Versalles, La Selva, San Borja y otras más.	Itonama	Agricultura, caza, pesca, recolección de frutas	Maíz, arroz, yuca, plátano, cítricos, manga, palta, café, cacao, piña, tabaco y otros	Aérea y Fluvial
Ayoreos	1.398	Amazonia	Santa Cruz	Germán Busch y Chiquitos		Zapocó, Poza Verde, Puesto Paz, Guidai Ichai, Santa Teresita, Tobita, Urucú, Motacú, Rincón del Tigre, Belén.	Zamuco	Agricultura y Recolección	Maíz, arroz, yuca, plátano, frutas, zapallo, frijol.	Terrestre, férrea y Aérea
Baures	4.750	Amazonia	Beni	Iténez	Baure, El Carmen y Huacaraje	San Miguel, Tujure, Cairo, Alta Gracia, Jasiaquini, Bereuro, San Francisco, San Pedro, Buena Hora, Las Peñas, Pueblo Baure y El Carmen.	Arawak	Recolección de cacao y la agricultura, caza y pesca	Yuca, Chivé (harina de yuca) papa, camote y chocolate.	Aérea y terrestre
Guaraníes	62.575	Chaqueña.	Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija	Cordillera, Luis Calvo, Hernando Siles, O'Connor y Gran Chaco	Lagunillas, Cuevo, Charagua y Cabezas	Varias	Tupi guaraní	Agricultura	Maíz, poroto, frijoles, yuca, sandía, plátano, cítricos, zapallo, algodón, caña de azúcar, arroz y girasol.	Aérea terrestre y férrea
Nahua	No det.	Amazonia	Pando	Manuripi			Nahua	Caza, pesca y agricultura	Yuca, plátano y maíz.	Aérea y terrestre

**Cuadro 1. Características de pueblos indígenas de tierras bajas y altas.**

	<b>Habitantes</b>	<b>Ecorregión</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Idioma</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Productos</b>	<b>Vías de acceso</b>
Canichana	1500	Amazonica	Beni	Cercado	San Javier	San Pedro Nuevo, Tejerías, Bambuses, Villa Chica, Toboso	No clasificado	Caza , Pesca y Agricultura	Arroz, maíz, frijol, yuca y plátano	Terrestre Fluvial:
Cavineños	2850	Amazonica	Beni y Pando	Vaca Diez y Ballivián, Madre de Dios y Manuripi	Santa Rosa, Gonzalo Moreno, Reyes Manuripi, Madre de Dios, Baqueti	Baqueti, Bolívar, California, Galilea, Candelaria, Misión Cavinás, Natividad, Paraíso, Peña Guarayo, y varias otras.	Tacana.	Recolección, agricultura y ganadería	Castaña, frutas silvestres, yuca, plátano y ganado.	Aérea , Terrestre, Fluvial
Reyesanos	53	Amazonica.	Beni	Ballivián	Reyes y Santa Rosa	Varias	Tacana.	Ganadería, agricultura y forestal	Ganado vacuno, arroz, maíz, madera.	Terrestre y aérea
Weenhayek	2.020	Chaqueña.	Tarija.	Gran Chaco y Yacuiba.	Villamontes y Yacuiba.	San Antonio, Capirendita, Quebrachal, Algarrobal, San Bernardo, Villa Esperanza, Resistencia, Viscachal y otras.	Weenhayek.	Pesca, recolección y artesanía.	Sábalo, surubí, dorado y bagre.	Terrestre y ferrea
Chácobo	1.050	Amazonica Nortw	Beni	Vaca Diez, Yacuma, General Ballivián.	Riberalta y Exaltación.	Alto Ivon, Nuevo Mojos, California, Núcleo, Motacusal, Siete Almendros, Cayuses	Paño	Recolección y agricultura.	Castaña, palmito, arroz, maíz, yuca	Aérea Fluvial
Esse Ejja	518	Amazonica norte.	Pando	Madre de Dios y población dispersa	Gonzalo Moreno	Portachuelo Alto, Portachuelo Medio, Portachuelo Bajo (Varias comunidades ubicadas en la provincia Iturrealde del departamento de La Paz).	Tacana.	Caza, pesca y recolección.	Anta, jochi, monos, bagre, dorado, sardina, surubí, miel, huevos de tortuga y frutas.	Fluvial y Terrestre

**Cuadro 1. Características de pueblos indígenas de tierras bajas y altas.**

	<b>Habitantes</b>	<b>Ecorregión</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Idioma</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Productos</b>	<b>Vías de acceso</b>
Moré	44	Amazónica.	Beni.	Mamoré.	Puerto Siles.	Monte Azul y Vuelta Grande	Chapacura.	Agricultura	Arroz, maíz, yuca, plátano y guineo.	Aérea, Terrestre y Fluvial
Pacahuara	17	Amazónica	Beni y Pando	Vaca Diez, Manuripi.	Riberalta	Tujuré y Santa Ana	Paño.	Recolección y agricultura	Castaña y palmito.	Terrestre
Guarasugwe Pauserna	31	Amazónica.	Santa Cruz y Beni	Ñuflo de Chávez e Iténez.		Bajo Paraguá	Tupi guaraní	Caza, pesca, recolección y agricultura	Animales de monte, pescados y frutos silvestres	
Sirionó	187	Amazónica	Beni.	Cercado, Iténez.	San Javier	Iviató, Salvatierra	Tupi guaraní.	Caza, pesca y recolección de miel	Animales de monte y miel.	Terrestre
Chimanes	6.351	Amazónica	Beni	Ballivián, Moxos, Yacuma	San Borja, Rurrenabaque, Santa Ana	San Ambrosio, San Salvador, Rosario del Tacuaral, Jorori, Naranjal, Remanso, Socorro, San Antonio y otras	Chimán	Pesca y recolección de jatata	Peces, Banana, yuca	Fluvial y Terrestre
Los Tacana	8.380	Amazónica	La Paz y Beni	Iturralde, Ballivián y Vaca Diez	Ixiamas, San Buenaventura y Riberalta.	Ixiamas, Tumupasa, San Buenaventura, Tahua, Napashe, Capainayotras	Tacana	Agricultura	Arroz, maíz, yuca, plátano, cítricos y papaya.	Aérea, Terrestre y Fluvial
Afrobolivianos	20.711	Amazónica (subtropical).	La Paz	Nor Yungas y Sud Yungas	Chulumani, Coroico, Coripata	Chicaloma, Mururata, Tocaña, Coripata, Dorado, Chico Chijchipa y Negrillani	Castellano.	Agricultura	Coca, yuca, plátanos, cítricos y arroz	Terrestre
Machineri	195	Amazonica	Pando	Nicolás Suárez	Bolpebra	San Miguel	Arawak	Agricultura, recolección, caza y pesca.	Castaña	Terrestre y Fluvial
Yaminahua	51	Amazonia	Pando	Nicolás Suárez	Bolpebra	Puerto Yaminahua.	Paño	Recolección, caza y pesca	Castaña, carne de monte y pescado	Fluvial y Terrestre

**Cuadro 1. Características de pueblos indígenas de tierras bajas y altas.**

	<b>Habitantes</b>	<b>Ecorregión</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Idioma</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Productos</b>	<b>Vías de acceso</b>
Cayubabas	4.500	Amazónica	Beni	Yacuma	Exaltación	Exaltación, Las Peñas, Pto. Santiago, Cooperativa, Peñitas de Nazareth, Bocorondo, Campo Ana María, Maravilla, Libertad de Carmen, Nueva Esperanza, Coquinal.	Cayubaba.	Agricultura y ganadería.	Arroz, yuca, chivé (harina de yuca), maíz, plátano, frijol, zapallo.	Aérea, Terrestre y fluvial
Chiquitanos	61.520	Amazónica	Santa Cruz	Ñuflo de Chávez, Velasco, Chiquitos y Germán Busch	San Ignacio de Velasco, San Miguel y San Rafael.	San Ignacio, San Miguel, San Rafael, Santa Rosa de la Roca, San Javier, San Ramón, Concepción, y otros	Chiquitano.	Agricultura	Maíz, arroz, yuca, plátano y algodón	Aérea, Terrestre y Fluvial
Yuracaré	1.809	Amazonia	Cochabamba y Beni	Chapare, Carrasco y Moxos	Villa Tunan, Chimoré y Puerto Villarroel.	Ibare, Nueva Cotoca, Galilea, La Misión, La Boca, Santa María, Puerto Cochabamba, Nueva Esperanza y otras	Yuracaré	Agricultura.	Maíz, arroz, cítricos, café, maní, frijol, zapallo, yuca y plátano	Terrestre y fluvial
Yuquis	140	Amazónica.	Cochabamba	Carrasco.	Puerto Villarroel	Bia Recuaté	Tupi Guarani	Caza, pesca, recolección, artesanía	Carne de monte, miel, productos agropecuarios, pescados, hamacas, arco y flechas, bolsas	Aérea y Fluvial
Joaquiniños	3.145	Amazonia	Beni			San Joaquin, San Ramon, San Pablo, San Rafael, Santa Rosa	Arawak	Agricultura, caza, pesca y recolección.	Castaña, palmito y frutos silvestres	Fluvial

**Cuadro 1. Características de pueblos indígenas de tierras bajas y altas.**

	<b>Habitantes</b>	<b>Ecorregión</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Idioma</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Productos</b>	<b>Vías de acceso</b>
Guarayos	8.450	Chaco-Oriente.	Santa Cruz.	Guarayos.	Ascensión de Guarayos, Urubichá, El Puente y San Javier.	Ascensión de Guarayos, Urubichá, Salvatierra, San Pablo, Yaguarú y Yotaú, y las comunidades de El Puente, Nueva Jerusalén, El Verano, Santa María, Cururú, Momené, Surucusi, San José y otros	Tupi guaraní	Agricultura y crianza de animales	Arroz, maíz, yuca, plátano, zapallo, maní, frijol y cítricos	Aérea terrestre y ferrea
Lecos	2.700	Amazónica	La Paz	Larecaja y Franz Tamayo	Guanay y Apolo	Pucasucho, Inca, Trinidad, Mulihuara, Chihmayo, Muiri, Ilipana Yuyo, Munaypata, Irimo, Correo, Santo Domingo y otras.	Leco o Lapa Lapa.	Ganadería, agricultura y forestal	Ganado vacuno, arroz, maíz y madera	Terrestre y Aérea
Tapieté	172	Chaqueña	Tarija	Gran Chaco	Villamontes	Samawate y Crevaux	Tupi guaraní.	Agricultura, pesca y recolección	Maíz, fréjol, algodón, sábalo, surubí, dorado y miel.	Terrestre
Mosetén	1.601	Amazónica	La Paz y Beni	Sud Yungas y Ballivián	San Borja y Palos Blancos	Covendo y Santa Ana de Huachi o de Mosetén	Mosetén	Agricultura	Arroz, maíz, yuca, plátano, hualuza, frijol, sandía, tomate, cebolla y variedad de frutas.	Aérea terrestre y ferrea
Movima	7.100	Amazónica	Beni	Yacuma	Santa Ana del Yacuma, Exaltación, San Joaquín, San Ignacio, San Borjay Reyes	Santa Ana del Yacuma, Carnavales, Miraflores, San Lorenzo, Carmen de Iruyañez, 20 de Enero, Buen Día, etc.	Lengua aislada	Agricultura	Arroz, maíz, cítricos, yuca, plátano, zapallo, camote y fríjol	Fluvial , Terrestre y Aérea

**Cuadro 1. Características de pueblos indígenas de tierras bajas y altas.**

	<b>Habitantes</b>	<b>Ecorregión</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Idioma</b>	<b>Actividad Principal</b>	<b>Productos</b>	<b>Vías de acceso</b>
Moxeños	38.500	Amazónica	Beni	Cercado, Moxos, Marbán y Ballivián	Trinidad, San Javier, San Pedro, Moxos; Loreto, San Andrés, San Borja, el TIPNIS y el TIM.	Loreto, San Lorenzo de Moxos, San Javier, San Francisco de Moxos, y otras	Arawak	Agricultura	Arroz, maíz, yuca, platano, caña, frijol, zapallo, camote, cítricos, café, cacao, tabaco.	Aérea, Terrestre
Aymarás	1.525.321	Andina	La Paz, Oruro, Potosí y Cochabamba.	Varias	Varios	Varias comunidades y ciudades	Aymara	Agricultura, ganadería, minería, comercio, pesca y venta de fuerza de trabajo	Papa, chuño, tunta, hortalizas, frutas, minerales, mercadería en general, trucha.	Aérea, terrestre, lacustre y fluvial
Quechuas	2.281.980	Andina	Chuquisaca, Cochabamba, Santa Cruz, Potosí, Oruro y La Paz.	Varias	Varios	Varias	Quechua	Agricultura	Maíz, papa, oca, papaliza, trigo, hortalizas, cebada y quinua.	Aérea y Terrestre
Urus	1.795	Andina.	Oruro	Ingavi, Atahuallpa, Cercado, Poopó, Avaroa, Sebastián Pagador, Ladislao Cabrera y Sur Carangas.	Chipaya, El Choro, Poopó, Pazña, Challapata, Santuario de Quillacas, Santiago de Huari, Pampa Aullagas, Andamarca y Toledo.	Llapallani, Vila Neque, PuñakayTinta María	Chipaya	Agricultura, cría de animales domésticos y artesanía	Pejerrey, q'arachi; quinua, papa, Chuño	Terrestre

Fuente: Elaboración en base al INE CENSO (2001).y CENSO CONNIOB (2004)

Se puede identificar que Bolivia tiene la mayor población indígena en toda América del Sur. Bolivia es generalmente considerada como un país eminentemente andino y altiplánico, quechua y aymara, la mayor parte del territorio pertenece al Oriente, Chaco y Amazonía, espacio caracterizado también por la mayor diversidad étnico-cultural y lingüística.

La pobreza se define como la ausencia de activos e ingresos suficientes para satisfacer las necesidades humanas básicas de alimentación, agua, vivienda y vestido incluyendo también falta de educación y ausencia de capacidad para alterar la situación. Un rasgo común de los pueblos indígenas es su situación de pobreza en relación a otros sectores de la sociedad, los estándares de vida de estos pueblos son bajos en relación a otros habitantes del país.

La pobreza extrema en Bolivia se halla alrededor de 39% con cifras del año 2002, esto significa que más de 3,5 millones de habitantes viven en situación de extrema pobreza. En Bolivia, la pobreza extrema está concentrada en las áreas rurales, esto es a consecuencia de la baja productividad y bajos ingresos. Sin embargo la pobreza extrema también está presente en las capitales departamentales, esto a consecuencia de la migración del sector rural a las ciudades (INE, 2002). En el año 2002, la relación entre la incidencia de pobreza extrema de los indígenas y la de los no indígenas tiene un valor de dos, lo que significa que por cada persona pobre no indígena en Bolivia se cuenta a dos pobres que son indígenas (UDAPE, NNUU., OIT. 2006). El gráfico N° 2 muestra los niveles de pobreza por departamentos en Bolivia

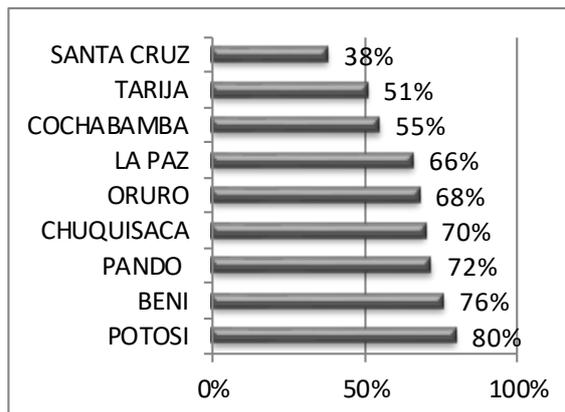
Aproximadamente el 60% de la población Boliviana es pobre, siendo los departamentos de Potosí, Beni y Pando con mayores niveles de pobreza. La población indígena es más pobre tanto en el área rural como urbana, ello da cuenta de que el funcionamiento de la economía y la asignación de recursos tienden a generar desigualdad en contra de la población indígena.

El gráfico 3 muestra las tendencias temporales de la pobreza moderada y pobreza extrema entre el año 1999 – 2011.

### 3.3 Nivel de pobreza de los pueblos indígenas de Bolivia

Se observa que respecto a la reducción del índice de pobreza extrema en las áreas urbanas, ahora solo 10 de cada 100 bolivianos vive con un dólar al día, mientras que en 2005, de cada 100 bolivianos 24 subsistían con un dólar diario. En el área rural también hubo un significativo descenso de la tasa de extrema pobreza, porque ahora 41 bolivianos de cada 100 viven con un dólar al día. En tanto que en 2005,

de cada 100 bolivianos 63 subsistían con un dólar diario.



Fuente: Datos INE 2002

Gráfico 2. Nivel de pobreza por departamentos.



Fuente: UDAPE con base de encuestas de hogares del INE

Gráfico 3. Comportamiento temporal de la pobreza moderada y extrema entre el periodo 1999 – 2011.

En la gestión 2012, el 33% de la población Boliviana recibió un bono, es decir 33 de cada 100 personas se benefició con un bono social.

El Gobierno Nacional consiguió en los últimos seis años y medio reducir la pobreza extrema en las ciudades y áreas rurales, gracias a la política de nacionalización (hidrocarburos, telecomunicaciones y minería), la redistribución del excedente económico a través de bonos sociales como el Juancito Pinto, Juana Azurduy y la Renta Dignidad, la estabilidad macroeconómica, el crecimiento económico y otras medidas que llegan al bolsillo del ciudadano de a pie, estas medidas no son suficientes para paliar la pobreza ya que se debe mejorar la calidad de la salud, educación, seguridad y servicios básicos que son ineficientes.

### 3.4 Evolución lingüística en los cuatro últimos censos del siglo XX

En 1994 se reconocieron oficialmente la pluriculturalidad y la multiétnicidad mediante una política lingüística que abarcó también a las lenguas indígenas. Sin embargo, no consiguieron ser reconocidas como lenguas oficiales hasta 2006 cuando se aprobó el proyecto de Ley que confirió el estatus de idioma oficial a muchos idiomas indígenas hablados en diversas regiones del país incluyendo al quechua, el aymara y el guaraní hablados extensamente. En total unos 36 idiomas quedaron reconocidos como idiomas oficiales en este contexto.

El cuadro 2 muestra, el avance porcentual del castellano, combinado con su descenso en los idiomas autóctonos, esta venía a ser el indicador del avance en la soñada construcción de la Bolivia mestiza.

El 60% de la población boliviana habla una lengua originaria, sea en condición de monolingües 12% o de bilingües 48%.

### 3.5. Pertenencia a pueblos originarios y áreas de residencia

El cuadro 3 muestra el porcentaje de población indígena originaria que vive en centros urbanos de 50.000 o más habitantes, muchas de ellas fuera de sus territorios tradicionales y en las que viven en medio de una institucionalidad mucho más castellanizante y hasta globalizada, con población de otros orígenes.

### 3.6 Regionalización de los pueblos indígenas en Bolivia

La regionalización Boliviana se basó en la identificación y ubicación de la diversidad étnica, en un espacio definido, donde los pueblos indígenas se dividen en dos regiones: Los pueblos indígenas de tierras altas que se encuentran en la región andina boliviana y Los pueblos indígenas de tierras bajas que se encuentran fundamentalmente en la amazonia y el chaco Boliviano. Cada una con sus propias características. En la región de tierras altas se encuentran 3 etnias: Aymaras, Quechuas, Urus, ubicados en el altiplano Boliviano, Oruro, La Paz, Potosí, Cochabamba. En la región de tierras bajas se encuentran 33 etnias: Araona, Ayoreos, Guaraníes, Reyesanos, Esse Eja, Afrobolivianos, Chimanés, etc. los que se encuentran en los departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz.

Cada uno de los pueblos indígenas que habitan el territorio nacional tiene sus formas propias de ver el mundo, su organización, idioma, su producción, la forma de vivir y crear. La población indígena no puede identificarse a partir de una sola variable, son varias las variables que se tomaron en cuenta.

**Cuadro 2. Evolución del porcentaje de hablantes de idiomas autóctonos**

Año	1950	1976	1992	2001
<b>Idioma</b>				
Quechua	36,5 %	39,7 %	34,3 %	30,6 %
Aymara	24,6 %	28,2 %	23 %	21,6 %
Otros idiomas nativos	2,5 %	1,1 %	1,6 %	1,5 %
Castellano	35,9 %	78,8 %	87,4 %	87,7 %

Fuente: INE 2001

**Cuadro 3. Pertenencia a pueblos originarios y residencia**

<b>Quechua</b>	30,7 % de los que 40 % viven en ciudades de 50.000 Hab.
<b>Aymara</b>	25,2 % de los que 53,9 % viven en ciudades de 50.000 Hab.
<b>Chiquitano</b>	2,2 % de los que 38,3 % viven en ciudades de 50.000 Hab.
<b>Guarani</b>	1,6 % de los que 43,1 % viven en ciudades de 50.000 Hab.
<b>Mojeño</b>	0,9 % de los que 57,9 % viven en ciudades de 50.000 Hab.
<b>Otro Nativo</b>	1,4 % de los que 32,2 % viven en ciudades de 50.000 Hab.

Fuente: INE Censo 2001

### **3.7 Inclusión de los pueblos indígenas como unidades regionales administrativas y políticas**

Los pueblos Indígenas de nuestro país han sido sometidos durante la colonia, eran considerados seres inferiores y sin alma.

Fueron varias las demandas de los pueblos indígenas en la búsqueda de reconocimiento de sus derechos tras estas luchas se logró:

En 1984 Proyecto de Ley Agraria reivindica la auto gestión comunitaria de las tierras colectivas.

En 1989 Se reconoce a los Pueblos Indígenas y el respeto a su diversidad cultural mediante el convenio 168 de la OIT.

En 1990 Desde Moxos Beni, 1º marcha de los pueblos indígenas de tierras bajas por territorio y dignidad, recién con esta marcha se visibilizo a estos indígenas.

En 1991 Se aprueba la ley 1257 donde se ratificó el convenio 169 de la OIT fue el primer instrumento que los derechos de los pueblos indígenas.

En 1992 Se intervino el ex Concejo Nacional de Reforma Agraria debido a irregularidades en torno a la distribución de tierras.

En 1993 Se aprueba la Ley de Medio Ambiente que incorpora la categoría de TCO.

En 1994 Se incorpora en CPE la categoría de TCO.

En 1996 Se aprobó la ley forestal y se incorporó 16 demandas de TCOs a la ley INRA.

En 1999 Se plantea la categoría de autonomía indígena como parte del ordenamiento político administrativo.

El 2000 Tercera marcha indígena de tierras bajas, se lograron varios decretos que permitieron la consolidación de las TCO.

El 2002 Cuarta marcha indígena de tierras bajas y altas por la asamblea constituyente, desde ese momento los indígenas se convirtieron en constituyentes.

El 2003 Guerra del gas. Donde se posiciona la agenda de octubre con dos pilares: la nacionalización del gas y Asamblea constituyente.

El 2004 Reforma parcial a la Constitución incorporando a la asamblea constituyente.

El 2006 Se aprueba la convocatoria a la asamblea constituyente.

El 2007 La asamblea constituyente aprueba la nueva CPE en detalle.

El 2008 Dialogo nacional de compatibilización del proyecto de CPE en el congreso.

El 2009 Aprobación de la nueva CPE por el pueblo boliviano

El 2010 Se aprueba la ley marco de autonomías.

Tras estas manifestaciones de los pueblos indígenas buscando el respeto a sus derechos, el Gobierno emprendió una serie de cambios estructurales en la mayoría de las leyes del país con objeto de permitir el libre ejercicio ciudadano del indígena, reconociendo el país como multiétnico, plurilingüe y multicultural a través de un nuevo artículo, el primero de la Constitución Política del Estado Boliviano.

Este es un modelo de organización política para la descolonización de las naciones y pueblos, reafirmando, recuperando y fortaleciendo la autonomía territorial, para alcanzar la vida plena, para vivir bien, con una visión solidaria.

La Autonomía es la cualidad gubernativa que adquiere una entidad territorial de acuerdo a las condiciones y procedimientos establecidos en la Constitución Política del Estado, que implica la igualdad jerárquica o de rango constitucional entre entidades territoriales autónomas, la elección directa de sus autoridades por las ciudadanas y los ciudadanos, la administración de sus recursos económicos y el ejercicio de facultades legislativa, reglamentaria, fiscalizadora y ejecutiva por sus órganos de gobierno autónomo, en el ámbito de su jurisdicción territorial (Ley Marco de Autonomías y Descentralización, 2010)

La nueva estructura del estado plurinacional implica que los poderes públicos tengan una representación directa de los pueblos y naciones indígenas, según usos y costumbres, y de la ciudadanía a través del voto universal

## **4. CONCLUSIONES**

Las Naciones de Bolivia son colectividades humanas ubicadas en territorio boliviano que comparten identidad cultural, idioma, tradición histórica, instituciones, territorialidad y cosmovisión, cuya existencia es anterior a la invasión colonial española. Los pueblos Originarios de Bolivia se organizan en Ayllus, Marcas y Suyus en los Andes, y en Tekoas y Tentas en los Llanos Orientales y el Chaco.

En la nueva Constitución Política del Estado se incluyó a las actuales 36 naciones originarias y a los afrobolivianos con sus respectivos idiomas.

Actualmente, Bolivia se constituye en un Estado Unitario Social de Derecho Plurinacional Comunitario, independiente, soberano, democrático, intercultural, descentralizado, organizado territorialmente en 9 departamentos, 112 provincias y 327 municipios. Por lo menos el 60 por ciento de la población habla una lengua originaria, sea en condición de monolingües (12 por ciento) o de bilingües (48 por ciento), siendo los idiomas oficiales, el castellano y todos los idiomas de las naciones y pueblos indígenas originarios campesinos.

En Bolivia existe una relación débil, pero proporcional, entre crecimiento económico y reducción de la pobreza de ingresos. Por otra parte, la distribución del ingreso no ha sido equitativa en las últimas tres décadas; especialmente en los últimos 8 años se ha producido un punto de inflexión al respecto. Con todo, la población femenina e indígena continúan siendo las más afectadas, especialmente, en la distribución de ingresos en el país.

La regionalización Boliviana se basa en la identificación y ubicación de la diversidad étnica, en un espacio definido, donde los pueblos indígenas se dividen en dos regiones: Los pueblos indígenas de tierras altas que se encuentran en la región Andina Boliviana (Quechuas, Aymaras, Urus) y Los pueblos indígenas de tierras bajas que se encuentran fundamentalmente en la amazonia y el chaco Boliviano (Araona, Toromona, Itonamas, Ayoreos, Baures, Guaraníes, Nahua, Canichana, Cavineños, Reyesanos, Weenhayek, Chácobo, Esse Eija, Moré, Pacahuara, Guarasugwe, Pauserna, Sirionó, Chimanes, Tacana, Afrobolivianos, Machineri, Yaminahu, Cayubabas, Chiquitanos, Yuracaré, Yuquis, Joaquinianos, Guarayos, Lecos, Tapieté, Mosestén, Movima, Moxeños).

Con la nueva constitución el Estado se convirtió en unitario social de derecho plurinacional comunitario, libre independiente, soberano, intercultural, descentralizado y con autonomías, que integra a todas y todos los Bolivianos.

Aproximadamente el 50% de la población Boliviana es pobre, siendo los departamentos de Potosí, Beni y Pando con mayores niveles de pobreza, afectando esta principalmente a las naciones indígenas con más del 80%, entre los más afectados se encuentran los Quechuas, Araona, Ayoreos, Guaraníes, Reyesanos, Esse Eija, Chimanes.

La población indígena de Bolivia presenta niveles de desarrollo humano más bajos, la incidencia de pobreza extrema de los indígenas tiene un valor de dos, por cada persona pobre no indígena en Bolivia hay dos pobres que son indígenas, tal situación repercute en que la tasa de mortalidad infantil sea una de las más altas.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Albó X. 2009. Muchas naciones en una. In: Rojas G. y Archondo R., Ardaya G., Bonifaz G., Komadina J., Sandoval I., Sanjinez J., Toranzo C., La Paz: Bolivia. pp 63-98.
- Alberto Crespo. 1995. Esclavos negros en Bolivia. 192 p.
- Cacino R. y Cristoffanini P. 2008. América Latina: etnias, naciones y transformaciones. Número 21: 1-25.
- Caurey E. 2013. Autonomía indígena y currículos regionalizados. *Ciencia y Cultura* N° 30: 35-55.
- Cimadamore A., McNeish J., Eversole R. 2006. Pueblos indígenas y pobreza. Una introducción a los enfoques multidisciplinares. Edit. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires: Argentina. 37 p.
- CONNIOB (Confederación Nacional de Nacionalidades Indígenas y Originarias de Bolivia). 2004.

- Dick Ibarra. 1997. Pueblos Indígenas de Bolivia. 2da Ed. 506 p.
- García A. 2014. Identidad Boliviana Nación, mestizaje y plurinacionalidad. Vicepresidencia del Estado Plurinacional. La Paz: Bolivia. 78 p.
- Instituto Nacional De Estadística (INE). Censo 2001
- Ley Marco de Autonomías y Descentralización. 2010. Ministerio de Autonomías. 264 p.
- Nueva Constitución Política Del Estado. 2009. Asamblea Constituyente de Bolivia. 208 p.
- Shelton D., Vaz A., Huertas B., Camacho C., Bello L., Colleoni P., Proano J., Mahecha D., 2012. Pueblos Indígenas en Aislamiento Voluntario y Contacto Inicial. (ed.) Unión de Nativos Ayoreo de Paraguay e Iniciativa Amotodie. Copenhague: Dinamarca. 277 p.
- Stanvenhagen R. 2007. Los pueblos indígenas y sus derechos. UNESCO. D.F.: México. 186 p.
- UDAPE, NNUU., OIT. 2006. Pueblos Indígenas Originarios y Objetivos de Desarrollo del Milenio. (Ed) Ruben Vargas. La Paz: Bolivia. 136 p.
- UNICEF. 2009. Atlas Sociolingüístico de pueblos indígenas en América Latina. Primera Edición. 584 p.
- Velásquez I. Ph.D. 2005. Pobreza Extrema y Vulnerabilidad Entre indígenas y campesinos del área rural. Alemania. 1-24.
- Páginas web
- Pueblos\_originarios\_e\_ind%3ADgenas\_de\_Bolivia#mw-navigation,  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:consultado> en fecha 28 de julio 2014.
- Información estadística”, Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales  
<http://www.udape.gov.bo/>. consultado el 8 de agosto de 2014.