



Avances en ciencia y tecnología agropecuaria y desarrollo rural

Cienciagro Vol.3 Nr.1 (2013)

Determinación de la conductividad térmica en carne de alpaca (*Lama pacos*) en congelación

Huamán y Ancco (1-6)

Evaluación de la difusividad térmica en granos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y cañihua (*chenopodium pallidicaule aellen*)

Huamán y Salas F. (7-16)

Aplicación del sistema HACCP y el uso de cultivos andinos en la región Puno

Arapa C. (17-26)

Inventario de gases de efecto invernadero emitidos por la actividad agropecuaria boliviana

García A. et al. (27-46)

Variación de la fracción orgánica por agriculturización en Alfisoles subtropicales de Argentina

Baridon E. et al. (47-54)

Plagas insectiles en áreas de intensificación de quinua en Puno

Campos, E. et al. (55-66)

Descripción de sistemas de rotación de cultivos en parcelas de producción de quinua en cuatro zonas (siete distritos) del altiplano peruano

Soto J. et al. (67-78)

Relación del C soluble con la mineralización del Nitrógeno en Alfisoles, México

Avilés M. et al. (79-84)



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

Página-web: www.institutoagrario.org/cienciagro

Impresión: AGRARIO-Editorial

Edición actual: Vol.3 Nr.1 (2013)

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

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN CARNE DE ALPACA (*Lama pacos*) EN CONGELACIÓN

*Determination of Thermal conductivity of Alpaca (*Lama pacos*) in freezing process*

Huamán N. L.^{1,*}, Ancco T.²

^{1,2} Universidad Nacional de Moquegua, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Moquegua, Peru,

*Autor para correspondencia, e-mail: nhuamanc@unam.edu.pe

RESUMEN

La tendencia de producir alimentos de alto valor nutritivo, y que su procesamiento sea de muy buena calidad, que conlleve a una mayor vida útil del alimento, conduce a estudiar las propiedades térmicas de la carne de alpaca en congelación, en este trabajo se reportan mediciones de conductividad térmica en 5 diferentes cortes anatómicos en carcasas de carne de alpaca machos y hembras de saca, durante su proceso de congelación a -18°C , el método empleado fue la técnica de la fuente lineal de calor. Los resultados obtenidos indican que los valores varían entre 0,85 y $1,21 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$. Existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los 5 cortes anatómicos, lo que indica que la composición, orientación del músculo, estructura del tejido y humedad influyen directamente en esta propiedad térmica. Los valores son menores a la conductividad térmica de la carne de cerdo, la cual tiene mayor contenido de humedad y tenorgraso.

Palabras clave: Alpaca, Conductividad térmica, carne, propiedades térmicas.

ABSTRACT

The tendency to produce food of high nutritional value, and its processing is very good quality, which may shelf life of food, leads to study the thermal properties of alpaca meat in freezing, in this work we report measurements thermal conductivity in 5 different anatomical cuts of meat carcasses of male and female alpaca out during the process of freezing at -18°C , the method was the technique of linear heat source. The results indicate that the values vary between 0.85 and $1.21 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ Statistically significant differences between the 5 anatomical parts, indicating that the composition, orientation of the muscle, tissue structure and humidity directly influence the thermal properties. The values are lower than the thermal conductivity of pork meat, which has a higher moisture content and fat content.

Keywords: Alpaca, thermal conductivity, meat, thermal properties.

INTRODUCCIÓN

La carne de alpaca (*Lama pacos*) es conocida como una carne magra, de muy buenas propiedades nutricionales y organolépticas, la cual se enfrenta a nuevos retos como la exportación, pero es un alimento muy perecible y como tal su composición química exige para su conservación condiciones adecuadas que le permitan ampliar su durabilidad (Cristofanelli et al., 2005). La crianza de alpacas y llamas constituye una actividad económica de gran importancia para un vasto sector de la población alto andina, principalmente de Perú y Bolivia. Se estima que alrededor de 500 mil familias campesinas de la Región andina dependen directamente de la actividad con camélidos sudamericanos, además de otras que se benefician indirectamente de ella. (Tellez, 1992). La carne de alpaca es considerada saludable debido a que su carcasa tiene un bajo contenido de grasa (0.49%) y un bajo nivel de colesterol (51mg/100g) en comparación a otras carnes rojas (Cristofanelli et al., 2005). La carne es el tejido muscular que se utiliza en la alimentación en forma directa o procesada. Para la obtención de una materia prima adecuada se necesita un buen conocimiento de los tejidos musculares, de sus modificaciones después de la matanza. Debido a su composición química su vida útil es crítica debido a las diversas modificaciones bioquímicas que sufre, por ello una de las soluciones más ampliamente difundidas es la congelación (Paltrinieri y Marco, 1991). La transferencia de calor en estado no estacionario nos permite predecir las velocidades de enfriamiento y calentamiento de productos de diversos tipos de geometrías, con objeto de estimar el tiempo requerido para alcanzar ciertas temperaturas deseadas (Geankoplis, 1998). Para hacer eficiente el proceso de congelación del producto se requiere conocer la conductividad térmica del mismo, el desconocimiento de esta importante propiedad térmica conlleva a un ineficiente control de proceso. Lo que puede traer como consecuencia alteraciones físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales en el producto (Heldman, 1983).

La conductividad térmica, k [$W m^{-1} °C^{-1}$], se interpreta como la cantidad de flujo de calor por unidad de tiempo y el área perpendicular a la dirección del flujo térmico (Mohsenin, 1980). Sin embargo todas las propiedades térmicas como la difusividad, conductividad, calor específico y densidad son sensibles a su cantidad de agua, de grasa, tipo de musculo, porosidad (James and James, 2002). En la carne de alpaca, el contenido de agua de alrededor de 74% puede cambiar considerablemente debido a múltiple factores tales como la edad del animal, su régimen de alimentación (Cristofanelli et al., 2005). Así la conductividad térmica puede variar en los diferentes cortes de la carcasa y de un animal a otro (Sahiny Güllü m Sumnu, 2006). Así, el objetivo del presente trabajo de

investigación es la determinación de la conductividad térmica de 5 cortes anatómicos de carne de alpaca macho y hembra de saca durante el proceso de congelación para ayudar en el diseño y mejoramiento de los sistemas de conservación y de procesamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La materia prima utilizada fue 10 kg de carne de alpaca macho (5 kg) y hembra (5 kg), clasificada como carne de saca y/o adulto entre 5 años de edad. La carne fue adquirida en el mercado local de la ciudad de Puno, Perú. El contenido de humedad fue determinado en alrededor de 70%. Este valor se encuentra cerca de los valores de humedad determinados por Cristofanelli et al. (2005). La Figura 1, presenta el equipo especialmente armado para determinar la conductividad térmica, el cual consiste en una aguja hipodérmica (sonda) de 0.0502 m de longitud, y 0.00053 m de diámetro interno, la cual tiene colocada en el centro una termocupla tipo T (cobre constantano de 0.000127 m de diámetro). Se impide el contacto entre la termocupla y la pared interior de la aguja mediante una capa de epóxido. La aguja es energizada mediante un alambre de constatan que atraviesa su longitud y es soldada a la punta. La fuente de Poder entrega una corriente continua de 3 a 4 Voltios .

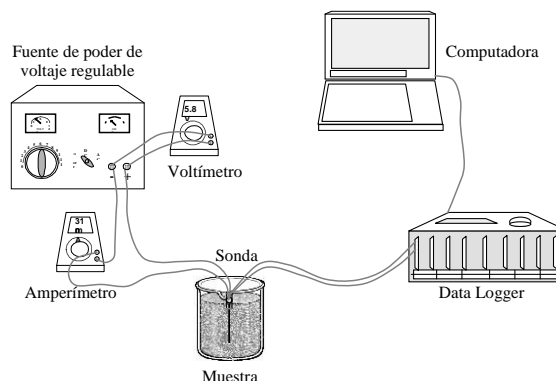


Figura 1. Esquema del equipo empleado para la medición de la difusividad térmica

La aguja hipodérmica es colocada al interior de la muestra para los 5 cortes anatómicos de carne de alpaca congelada $-18°C$ (Figura 2), se procede a energizarla y la variación de la temperatura en función del tiempo es registrada en el sistema de adquisición de datos (data logger). La frecuencia de lecturas fue de 30 lecturas por segundo por un lapso de tiempo de 60 segundos. La intensidad y voltaje fueron leídos en dos multímetros. El

diseño tiene como base el trabajo reportado por Sweat y Haugh (1974), el cual utiliza el principio de la teoría de la prueba de conductividad termal o técnica de la fuente lineal de calor. Que consiste en una fuente lineal de calor (sonda o alambre caliente), la cual es introducida en una muestra que tiene una temperatura constante. La fuente lineal es entonces calentada a una tasa constante y la temperatura adyacente a la fuente lineal de calor es registrada. Un gráfico de la temperatura en función del logaritmo natural del tiempo, muestra una tendencia lineal, y la pendiente de esa recta es utilizada para calcular la conductividad térmica.

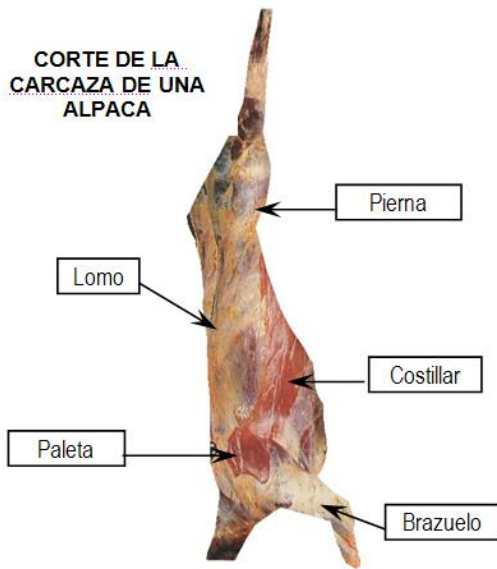


Figura 2. Esquema de la carcasa de alpaca y de los cortes anatómicos empleados (Téllez, 1992).

Esta teoría relaciona el aumento de la temperatura de un medio homogéneo infinito causado por una fuente lineal de calor de potencia constante interior. La expresión que gobierna este proceso es indicada en la ecuación (Dutta, 1988).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right] \quad \text{Ec. 1}$$

Donde, la solución para la temperatura está dada por:

$$T = \frac{Q}{2\pi k} I(rm); \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

$$n = \frac{1}{2} (\alpha t)^{-\frac{1}{2}}$$

Y la función de Bessel $I(rm)$ está dada por la Ecuación 3.

$$T_2 - T_1 = \frac{Q}{2\pi k} \ln \frac{t_2}{t_1} \quad \text{Ec. 3}$$

$$T = \frac{Q}{2\pi k} [A - \ln(rm)] \quad \text{Ec. 4}$$

Partiendo de esta Ecuación 4, despejando la conductividad térmica (k), se obtiene una nueva Ecuación 5, que nos permite determinar los perfiles de temperatura en función del logaritmo natural del tiempo (Sweat y Haugh, 1974). Por lo tanto:

$$k = \frac{Q}{4\pi \Delta T} \ln \frac{t_2}{t_1} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde, k : conductividad termal ($\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$), Q : potencia consumida por la fuente lineal de calor (W m^{-1}), ΔT : variación de temperaturas ($^\circ\text{C}$), t : Tiempo de medición.

Los resultados fueron analizados estadísticamente empleando un Diseño Factorial Completo al Azar y se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan para observar la existencia de grupos homogéneos de datos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 3 se presentan los valores de la conductividad térmica calculada a partir de la Ecuación 5, la Figura nos muestra el promedio para diferentes cortes de carcasa de carne de alpaca (machos y hembras) en congelación. El análisis estadístico nos indica que si existe diferencias significativas entre alpacas machos y hembras. Los valores son superiores a un 18%.

La Figura 4. Nos muestra los promedios de la conductividad térmica para cada los 5 cortes anatómicos de carne de alpaca macho y hembra, donde el mayor valor de conductividad térmica k corresponde al corte anatómico de costillar de la alpaca hembra, mientras que el menor valor corresponde al corte anatómico lomo de la alpaca macho.

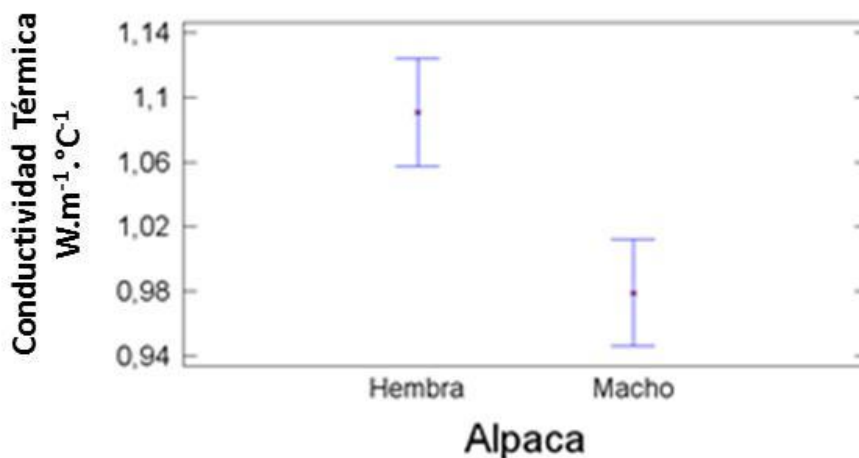


Figura 3. Promedio y desviación estándar de la conductividad térmica en de carne de alpaca macho y hembra, determinada a $-18 \pm 0,1$ °C.

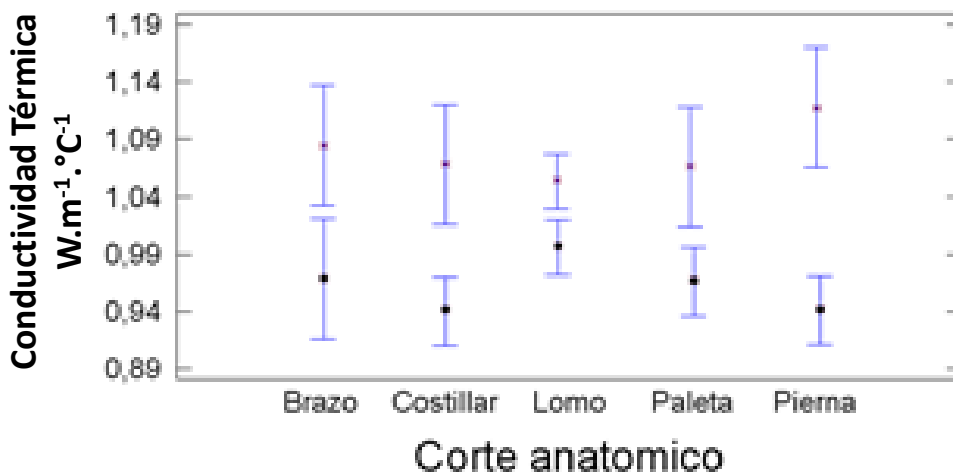


Figura 4. Promedio y desviación estándar de la conductividad térmica en 5 cortes anatómicos de carne de alpaca macho (●) y hembra (*), determinada a $-18 \pm 0,1$ °C.

Corte anatomico	Grupos Homogéneos	
	M	H
Lomo	X	
Paleta	XX	
Costillar	XX	
Brazo	XX	
Pierna		X

Dónde: M (Macho); H (Hembra)

Cuadro 1: Grupos homogéneos de conductividad térmica en 5 cortes anatómicos de carcasas de carne de alpaca machos y hembras.

La conductividad térmica en los cortes de pierna, brazo y costillar de animales hembras es mayor que para los animales machos. En el corte anatómico del lomo los valores hallados son similares para ambos géneros. Sin embargo Mohsenin (1980). Nos indica que en el caso de materiales biológicos, la dependencia de la conductividad es la estructura celular, densidad y humedad. Bustinza (1993) nos menciona que los dos tipos de carcasa (macho y hembra), tienen un comportamiento similar cuando las muestras son sometidas al mismo nivel de temperatura (-18°C), lo cual concuerda en parte con nuestros resultados.

En comparación con la conductividad térmica de la carne magra de cerdo a una humedad de 75% y temperatura de -18°C es de $0.54\text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (Siebel, 1992), que es menor al valor reportado en carne de alpaca en este trabajo de investigación, los valores de conductividad térmica de carne de alpaca encontrados son menores, ya que su contenido de humedades mas bajo (alrededor de 70%). Por otra parte, el contenido de grasas es solamente de 0.49 % mientras que la carne de cerdo tiene 6%. Además la conductividad térmica de la grasa es de aproximadamente 6 veces menor que la conductividad de la carne ($\approx 0.25\text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) (James y James, 2002). Este menor contenido de agua y de grasa explicaría los resultados de conductividad térmica de la carne de alpaca. Los diferentes tipos de agua (libre y ligada por ejemplo) presentes en la carne y la posición relativa de los músculos en las diferentes partes anatómicas, así como la absorción monomolecular y la microcapilaridad también pueden ser la causa de esta diferencia (Kerry et al., 2002).

La gran amplitud de los valores de la desviación estándar de la conductividad térmica puede estar causada por la manipulación de las muestras en el momento de la carga y acomodo durante la evaluación de la fuente lineal de calor.

El Cuadro 1. Nos muestra la existencia de grupos homogéneos en los diferentes cortes anatómicos estudiados de los 5 cortes anatómicos de alpacas machos y hembras.

Este análisis nos muestra que pueden existir valores similares entre cortes anatómicos aun de diferentes géneros, esto probablemente debido a la composición, a la estructura del tejido y a la orientación de las fibras en los músculos de la carne en las diferentes partes anatómicas del animal.

CONCLUSIONES

La conductividad térmica alcanza valores entre 0.90 y $1.10\text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ existiendo diferencias estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%, entre géneros (machos y hembras) y en cada corte anatómico de carne de alpaca de saca, entonces cada corte anatómico es un parámetro distinto por las propiedades particulares que este posee, esta propiedad es inversamente proporcional a la temperatura, a mayor temperatura menor conductividad térmica y viceversa. Los resultados indican que la composición, orientación del músculo, estructura del tejido y humedad influyen directamente en esta propiedad.

BIBLIOGRAFIA

- BUSTINZA, V. (1993). *La Alpaca*. Editorial Universitaria Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- CARSLAW, H. S., JAEGER J. C. (1959). *Conduction of heat in solids*. Oxford University Press, USA.
- CRISTOFANELLI, S., ANTONINI, M., TORRES, D., POLIDORI, P., & RENIERI, C. (2005). Carcass characteristics of peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) reared in the Andean highlands. *Small Ruminant Research*, 58, 219–222.
- HELDMAN C. J. (1983). Factors influencing food freezing rates. *Food Technol.* 37:103-109.
- JAMES, S. J., JAMES, C. (2002). *Meat refrigeration*. CRC Press.
- KERRY, J., KERRY, J., LEDWARD, D. (2002). *Meat processing: Improving quality*. CRC Press.
- NEELY, K., TAYLOR, C., PROSSER, O., & HAMLYN, P. F. (2001). Assessment of cooked alpaca and llama meats from the statistical analysis of data collected using an “electronic nose”. *Meat Science*, 58, 53–58.
- SALVÁ, B. K., ZUMALACÁRREGUI, J. M., FIGUEIRA, A. C., OSORIO, M. T., MATEO, J. (2009). Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru., *Meat Science*, Accepted Manuscript
- SAHIN, S., GÜLÜMSUMNU, S. (2006). *Physical Properties of Foods*, Springer, USA, pp. 107.
- SWEAT, V. E. Y HAUGH, C. (1974). A thermal conductivity probe for small food materials. *Transactions of the ASAE* 17: 56-58.
- TÉLLEZ V. J. (1992). *Tecnología e industrias cármicas*. Artes Gráficas Espino. Lima, Perú

EVALUACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA EN GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Evaluation of Thermal diffusivity in grain quinoa (Chenopodium quinoa Willd) and Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)

Nils Leander Huamán Castilla.¹, Walter Francisco Salas²

¹ Universidad Nacional de Moquegua, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Moquegua – Perú

² Universidad Nacional Agraria de la Molina. Escuela de Post – Grado, Lima - Perú

* Autor para correspondencia, e-mail: nhuamanc@unam.edu.pe

RESUMEN

Las propiedades físicas y térmicas de los alimentos juegan un papel importante en el diseño y construcción de equipos. En este trabajo se reporta mediciones de difusividad térmica en 2 tipos de granos andinos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) en sus variedades INIA – Salcedo, Blanca de July y Cupi, Ramis respectivamente. El método empleado fue el de curvas de penetración de calor en un equipo especialmente armado para este fin. Los resultados obtenidos indican que los valores varían entre 7.5 y $8.9 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Existen diferencias estadísticamente significativas entre los 2 tipos de granos, lo que indica que la humedad, temperatura influyen directamente en esta propiedad térmica.

Palabras clave: Granos andinos, quinua, cañihua, difusividad térmica, propiedades térmicas.

ABSTRACT

The physical and thermal properties of foods play an important role in the design and construction of equipment. In this work we report measurements of thermal diffusivity in two types of Andean grain quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) in its varieties INIA - Salcedo, July and Cupi, Ramis respectively. The method used was to heat penetration curves on a specially reinforced for this purpose. The results indicate that the values vary between 7.5 y $8.9 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Statistically significant differences between the 2 types of grains, indicating that moisture, temperature and heat treatment directly influence the thermal property.

Keywords: Grains andeans, quinoa, cañihua, thermal diffusivity, thermal properties

INTRODUCCIÓN

A fin de incrementar y en su caso mantener el contenido de reservas orgánicas del suelo, se ha promovido el uso de insumos orgánicos por el efecto positivo que esto conlleva, como es el caso del incremento de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, mayor resistencia contra la erosión, y aporte nutrimental edáfico, entre otros (Tate, 1987). El uso eficiente los residuos orgánicos puede obtenerse con un mejor entendimiento de los factores que afectan los procesos de descomposición y liberación de nutrientes, a través del estudio de la interacción del residuo orgánico y el suelo.

La mineralización del nitrógeno de los residuos orgánicos, es un proceso que para cuantificarlo requiere en ocasiones de períodos prolongados de tiempo, por ejemplo, cuando se realiza a través de incubaciones bajo condiciones controladas. La determinación del C soluble se realizó a fin de obtener un indicador de rápida y práctica medición de las reservas contenidas en el suelo, ya que este se relaciona con las reservas orgánicas activas que varían según la cantidad y calidad del material orgánico presente, como mencionan Fox y Piekielek (1978). Sin embargo, el uso de esta herramienta ha sido escasamente estudiada. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la relación del C soluble con la mineralización del nitrógeno en Alfisoles, del estado de Campeche, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La materia prima utilizada fue 10 kg de granos lavados de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), de las variedades Cupi (5 kg) y Ramis (5 kg), y 10 kg de granos lavados de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de las variedades INIA Salcedo (5 kg) y Blanca de July (5 kg), los granos fueron adquiridos del almacén de semillas del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA, Estación Experimental Rinconada – Salcedo - Puno. Los granos fueron acondicionados a contenidos de humedad de 10, 15 y 20%, de acuerdo a la siguiente Ecuación propuesta por Carman (1996):

$$Y = \left(\frac{X_f MS}{1 - X_f} - X_o \right) \times 1.05 \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde, Y = masa de agua a adicionar para lograr el nuevo contenido de humedad (g), X_o = masa de agua en el grano (g), X_f = contenido de humedad deseado (%), MS = masa seca de grano (g).

Los granos acondicionados fueron evaluados en sus propiedades físicas: la gravedad específica se determinó mediante la balanza Mohr Westphal tipo LB 502 (Mohsenin, 1986), la densidad real se calculó a partir de la gravedad específica (Alvarado y Aguilera, 2001), la densidad aparente fue determinada por el método de desplazamiento de volumen (Lewis, 1993), a partir de estos datos se determinó la porosidad como una relación de la densidad real entre su densidad aparente (Lewis, 1993).

La difusividad térmica: fue determinada en un equipo especialmente armado por Ureña (1990), que consiste en un cedula cilíndrica 250 mm de longitud y 48 mm de diámetro interno, con un espesor de pared aproximado a 1 mm. El cual está inmerso dentro de otro cilindro de mayor diámetro. En ambos extremos la cedula tiene tapones de teflón que la sellan herméticamente, el espacio dejado por ambos cilindros es por donde circula el agua a una temperatura constante. Uno de los tapones tiene un agujero con hilo de tomillo en el centro, por donde se introduce y se sujeta el sensor llamado Micropack, que forma parte del módulo de interfase denominado DATA TRACE TEMP, el cual con ayuda de un software de aplicación y un ordenador completan el sistema de adquisición de datos, la termocupla del sensor, cuyo extremo llega al centro geométrico del cilindro, y por donde se registra la temperatura de la muestra que es colocada en el interior del cilindro, la Figura 1 muestra el esquema del equipo:

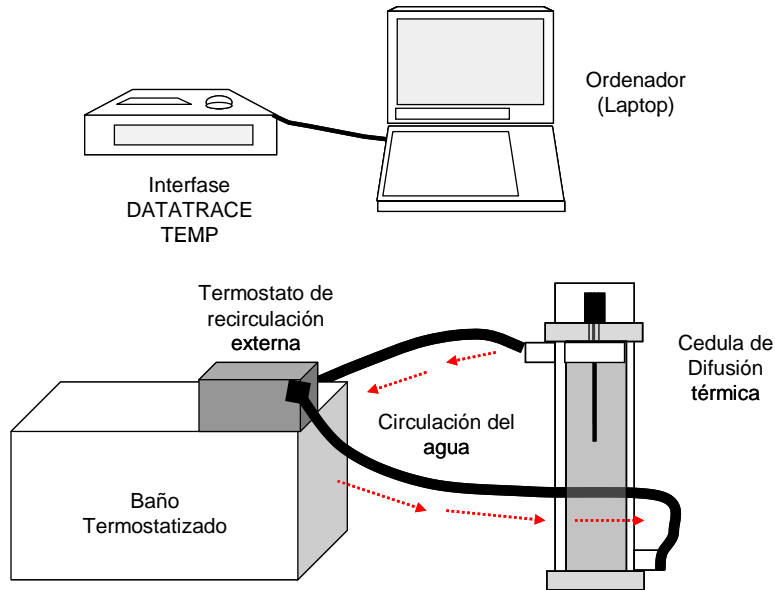


Figura 1. Esquema del cilindro empleado para la medición de la difusividad térmica.

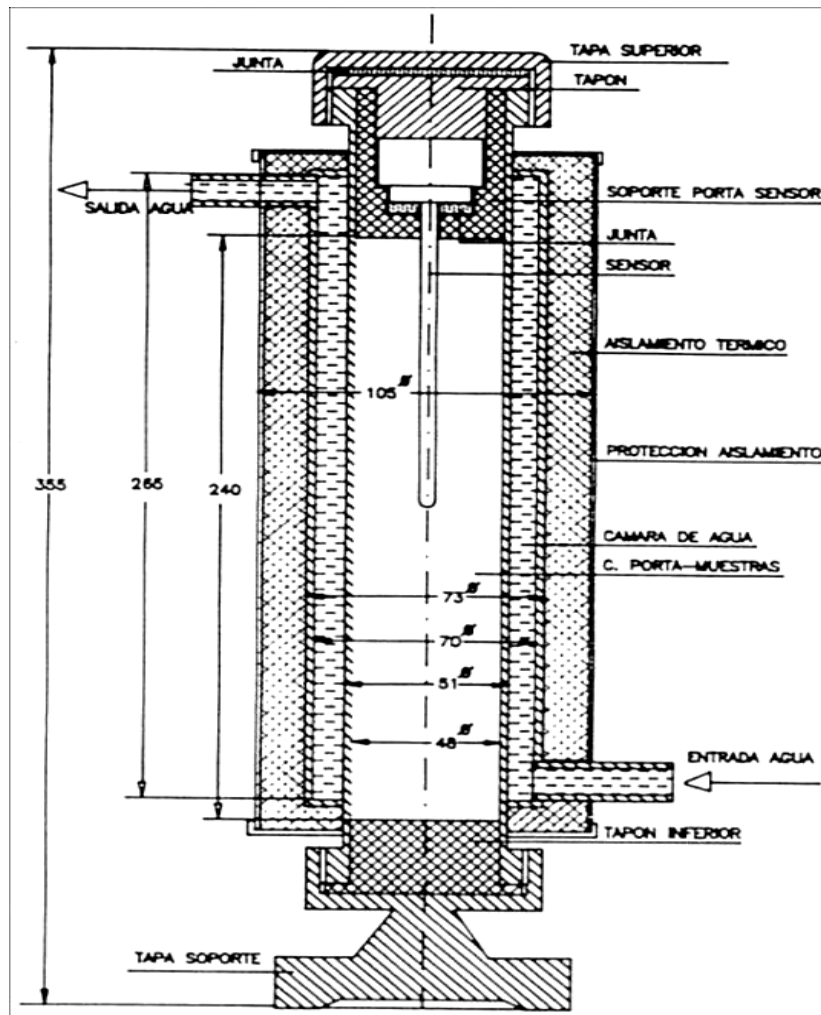


Figura 2. Esquema de la cedula cilíndrica para la medición de difusividad térmica (Ureña, 1990).

Los granos andinos acondicionados a 10, 15 y 20% de humedad fueron introducidos en la cedula cilíndrica. Un sensor registra la señal de variación de temperatura en función del tiempo (precisión de ±0,05 °C), los granos fueron evaluados a 25, 30 y 35°C en su difusividad térmica. Se registraron 30 datos por segundo, la Figura 2 muestra la cedula cilíndrica empleada. La ecuación general de transferencia de calor, es la siguiente:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad \text{Ec. 2}$$

Partiendo de esta Ecuación 2, se obtiene una nueva Ecuación 3, que nos permite obtener los perfiles de temperatura para una lámina y cilindro finito (Carslaw y Jaeger; Ball y Olson, citados por Singh, 1982). Las soluciones analíticas son soluciones de serie que contienen exponenciales, seno y funciones trascendentales. Para un cilindro finito a una temperatura inicial uniforme, expuesto a una temperatura ambiental constante y con superficie con resistencia a la convección despreciable, la solución propuesta por (Carslaw y Jaeger, 1959) es la siguiente:

$$\frac{T_s - T}{T_s - T_i} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{m+1}}{\beta_m} \cos(\beta_m x/l) \frac{2J_0(\beta_n r/R)}{\beta_n J_1(\beta_n)} \exp \left[- \left(\frac{\beta_n^2}{R^2} + \frac{4\beta_m^2}{l^2} \right) \alpha t \right] \quad \text{Ec. 3}$$

Donde, T_s : Temperatura del medio circundante, T_i : Temperatura inicial, x : Coordenada rectangular, l : Longitud del cilindro finito, J_0 : Función Bessel de primer clase de orden cero, J_1 : Función Bessel de primer clase de orden uno, R : Radio en (m), β_n : Raíz de la función Bessel, β_m : Raíz de la función coseno, t : Tiempo (s), r : Coordenada radial y α : Difusividad térmica. Para situaciones donde la muestra es expuesta por un período prolongado de tiempo, solo el primer término de la solución por series es necesario. Para un objeto finito de forma cilíndrica, la solución expresada por la Ecuación 3, puede ser simplificada de la siguiente manera,

considerando que $m = n = 1$; es decir, $\beta_m = \beta/2$, $\beta_n = 2,4048$, y $J_1(2,4048) = 0,5191$. En el centro del objeto cilíndrico, $x = 0$, $r = 0$, y $J_0(0) = 1,0$. De esta manera la solución aproximada para largos períodos de tiempo es expresada como (Carslaw y Jaeger, 1959):

$$\frac{T_s - T}{T_s - T_i} = 2,0396 \exp \left[- \left(\frac{2,4048^2}{R^2} + \frac{\pi^2}{l^2} \right) \alpha t \right] \quad \text{Ec. 4}$$

Cuando se grafican las curvas de penetración de calor experimentales sobre papel semi-logarítmico, es posible expresar la Ecuación 4 según Ball y Olson (1957) como:

$$t = f_h \log \left(j \frac{T_s - T_i}{T_s - T} \right) \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde: $f_h = 0,398 \frac{r^2}{\alpha}$ es el parámetro de la curva de calentamiento y $j = 1,6$; para el caso de un cilindro infinito. La pendiente de la curva $t = \log(T)$, permite determinar el valor de f_h , reemplazando términos en la Ecuación 5. Se obtiene:

$$t = 0,398 \frac{r^2}{\alpha} \log \left[1,6 \frac{T_a - T_0}{T_a - T} \right] \quad \text{Ec. 6}$$

A partir de la Ecuación 6, podemos calcular la difusividad térmica como:

$$\alpha = \frac{0,398 r^2}{f_c} \quad \text{Ec. 7}$$

Los resultados de difusividad térmica de los granos andinos fueron analizados estadísticamente empleando un arreglo multifactorial y se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para observar la existencia de grupos homogéneos de datos.

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de humedad inicial para los granos de quinua y cañihua estuvo en un promedio de 8% , Mujica (2001) indica que después del trillado y secado del grano andino para su almacenamiento, su contenido de humedad varía de 15 a 12 % . Sin embargo una vez que el grano es procesado se presenta un contenido de humedad menor al 10% debido a un período de secado de 72 horas expuestos al ambiente (18– 22°C), este descenso se debe a la ausencia del perigonio eliminado en la etapa de lavado permitiendo una mayor deshidratación (Tapia, et al. 1980). El Cuadro 1, resume el resultado de los análisis físicos - químicos realizados a los granos andinos de quinua y cañihua en cada una de sus variedades estudiadas.

Los valores reportados en el Cuadro 1, para los granos de quinua, son similares a los reportados por Repo-Carrasco (1988), mientras que los valores en los granos de cañihua son similares a los reportados por Kent (1983). Los porcentajes de valores acondicionados de humedad en quinua y cañihua, se aproximan a los valores estimados de 10, 15 y 20 %, dichos porcentajes de humedad fueron considerados porque son los rangos más empleados en los procesos de almacenamiento y transformación como son los procesos de extrusión, expandido y laminado (Mujica, 2000).

Los cálculos de densidad real y aparente, permiten determinar la porosidad del lecho a diferentes niveles de

humedad, esta información permite entender cómo es que los granos se acomodan en el lecho poroso (cedula de difusión térmica) al momento de determinar la difusividad térmica. La porosidad de los granos andinos varía de 0,258 a 0,357 (ver Figura 3), estas variaciones apreciadas se deben a la forma, tamaño y tratamiento térmico efectuado en los granos (Hardmon, 1965).

La Figura 3, muestra que los granos de quinua tienen la mayor porosidad promedio; con respecto a los granos de cañihua, se observa que el grano de quinua variedad INIA – Salcedo tiene la mayor porosidad promedio con 0,357 y el grano de cañihua variedad Ramis tiene el menor promedio de porosidad con 0,258, estas variaciones apreciadas se deben a la forma y tamaño de los granos.

Para la Calibración del equipo y validación de la metodología propuesta para evaluar la difusividad térmica se utilizó el equipo especialmente armado por Ureña (1990), y se trabajó con la metodología propuesta por Poulsen (1982), dicho equipo fue calibrado determinando la difusividad térmica del agua. Los valores experimentales de la difusividad térmica del agua a 20°C (α experimental) fueron comparados con valores de difusividad térmica del agua a 20°C, publicados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de EE.UU. (NIST) al que se denominó (α estándar), con la finalidad de obtener el factor de calibración y validación de la metodología.

Cuadro 1: Análisis fisicoquímicos de los granos de quinua y cañihua.

Característica	CAÑIHUA		QUINUA	
	CUPI	RAMIS	B. DE JULY	INIA SALCEDO
Humedad %	8,81	8,57 (10,2*)	9,30	9,18 (11,65**)
Proteína %	13,65	16,27 (14,0*)	16,3	13,487 (13,81**)
Grasa %	3,48	3,3 (4,30*)	8,2	8,18 (5,01**)
Fibra %	3,48	3,36 (4,80*)	4,88	5,11 (4,38**)
ELN %	65,07	60,6 (64,0*)	56,18	61,53 (59,74**)

* Fuente: Repo-Carrasco (1988)

**Fuente: Kent (1983)

Cuadro 2: Valores promedio de la difusividad térmica del agua

Detalle	Promedio
α experimental (m ² /s)	1.5143E-02
α estándar (m ² /s)	1.4367E-02
Factor de corrección (FC)	0.9588

Con el valor experimental encontrado y el dato estándar se determinó el factor de corrección para la calibración del equipo y la validación de la metodología propuesta por Poulsen (1982).

El Cuadro 2, muestra los valores de la difusividad térmica teórica y experimental del agua a 20°C.

En la Figura 4 se presentan los valores de la difusividad térmica calculada a partir de la Ecuación 7

para los granos andinos acondicionados a 10, 15 y 20% de humedad y a 25, 30 y 35 °C. El mayor valor de α corresponde al grano de quinua variedad INIA salcedo con $8.7 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$ a 10% de humedad y 35°C, mientras que el menor valor de α es para la cañihua variedad Ramis con $7.5 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$ a 10% de humedad y 25°C. La difusividad térmica de los granos andinos disminuye con el incremento del contenido de humedad (Figura 5).

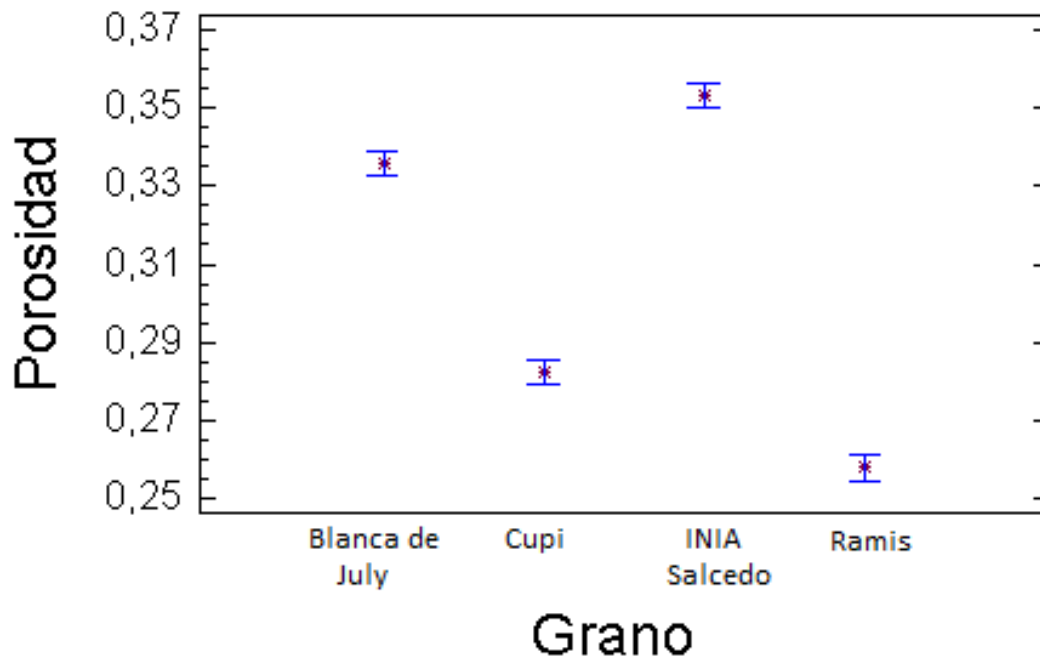


Figura 3. Valores promedio de porosidad en granos andinos

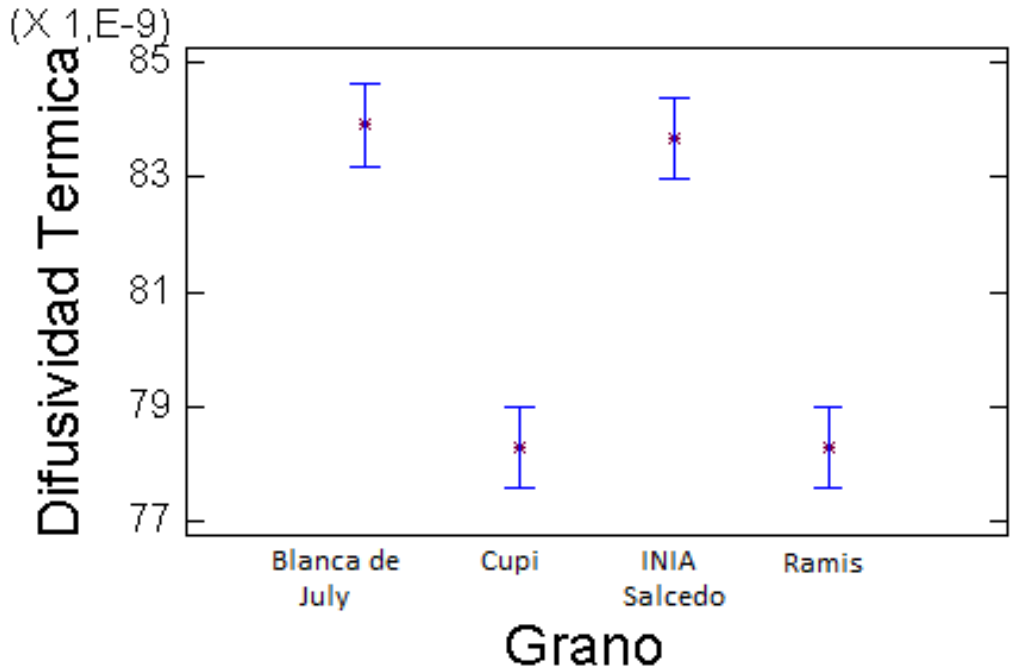


Figura 4. Promedio y desviación estándar de la difusividad térmica en los granos andinos.

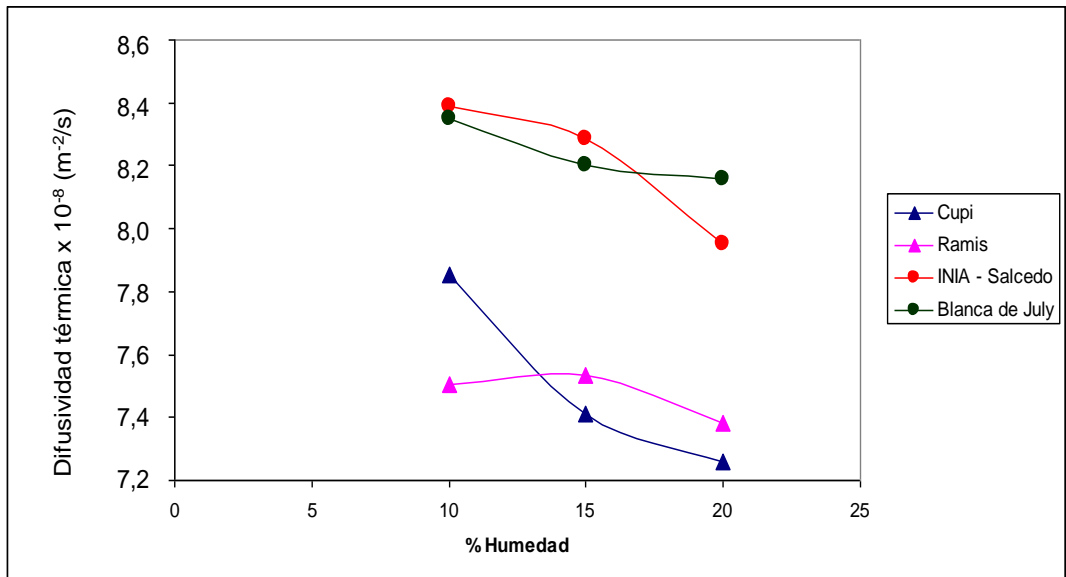


Figura 5. Variación de la difusividad térmica en función a la humedad en granos andinos a 25 + 0,1°C.

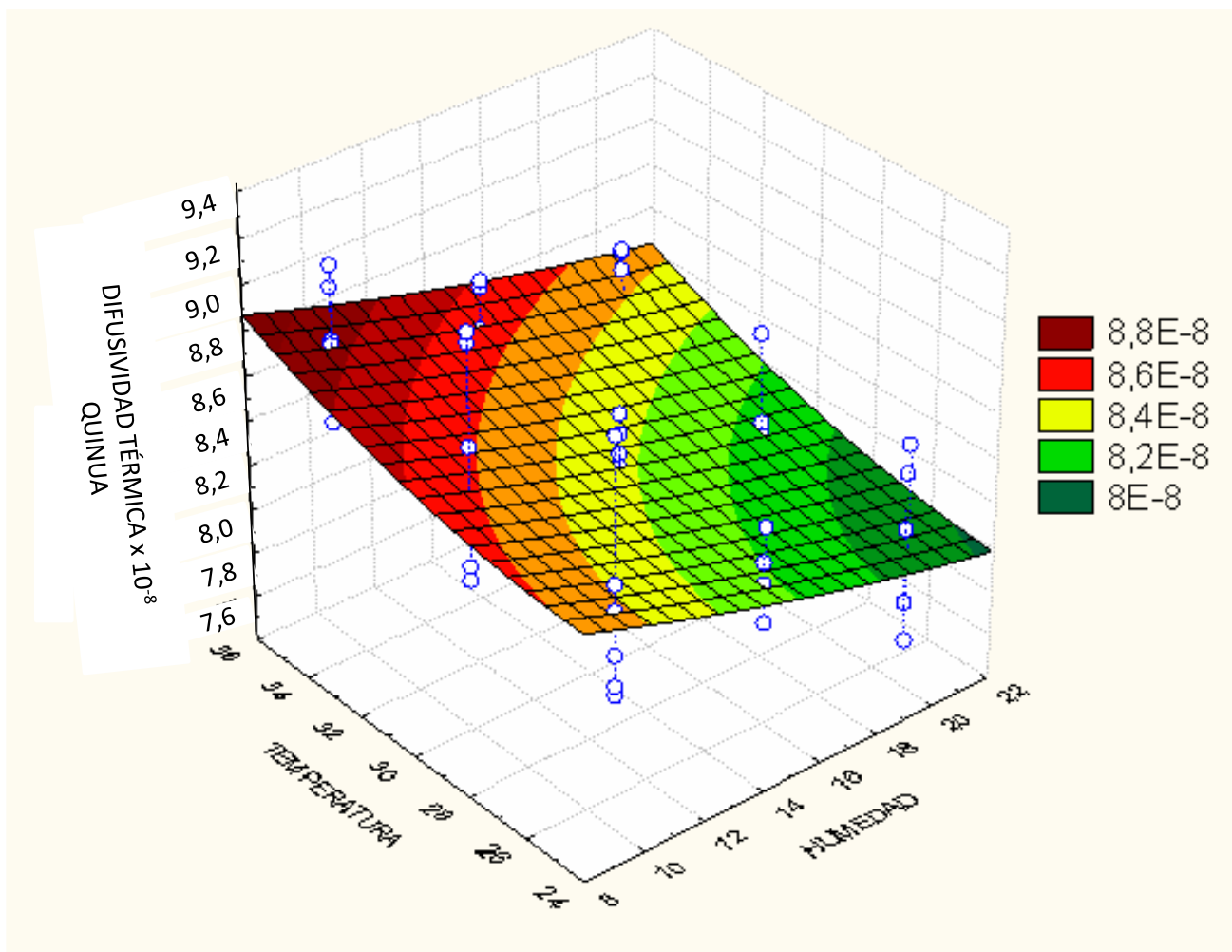


Figura 6a. Superficie de respuesta del efecto de la humedad y la temperatura sobre la difusividad térmica de la quinua, a través del modelamiento cuadrático

$$\alpha_{quinua} = 1.0334 \times 10^{-7} - 7.04 \times 10^{-10} \times H - 1.1635 \times 10^{-9} \times T + 7.854 \times 10^{-12} \times H^2 + 4.2626 \times 10^{-12} \times H \times T + 2.4059 \times 10^{-11} \times T^2 \tag{Ec. 8}$$

Kostaropoulos y Saravacos (1997) e Ibars y Barboza (2003) indican que el contenido de humedad y temperatura influencia en la variabilidad de la difusividad térmica, tal como sucede en el caso de los granos andinos. El comportamiento anómalo de la difusividad térmica en humedades bajas es característico de los alimentos porosos, ya que presentan volúmenes de aire disperso, siendo la difusividad térmica del aire unas 150 veces mayor que la del agua líquida con valores de $2,25 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ y $1,45 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ respectivamente a 25°C . Por lo tanto, los alimentos que tengan una alta porosidad se espera que tengan mayores valores de difusividad térmica (Reidet al., 1987).

Kostaropoulos y Saravacos (1997) afirman la reducción de la difusividad térmica en la región II (humedad 5 – 30%), región del diagrama de cambios generalizados de las propiedades de transporte en función de la humedad. La humedad es adsorbida en capas multimoleculares y los capilares se llenan gradualmente con agua, desplazando el aire, la difusividad térmica es reducida, subsecuentemente la difusividad térmica del agua líquida es más baja que del aire.

Moote (1953) menciona que son escasos los datos en alimentos secos y semi – secos, es decir en humedades inferiores al 30%, ya que esta región es muy importante para modelar el secado y tratamiento térmico de los alimentos, reportando una disminución lineal de la difusividad térmica en granos de trigo, en un rango de humedad de 2 a 15%, así mismo la difusividad térmica aumenta significativamente conforme la porosidad es mayor. Kazarian y Hall (1965) estudiaron la difusividad térmica del trigo blanco y observaron que la difusividad térmica es inversamente proporcional a la humedad y directamente proporcional a la temperatura en rangos de 12,5 a 27 % Hbh, de 10 a 30°C , y su valor se encuentra entre $8,26 \times 10^{-8}$ a $11,35 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.

Los resultados de la difusividad térmica de granos de quinua y cañihua fueron aproximados al modelo matemático (Ecuación 8 y 9) mediante superficie de respuesta (Figura 6 a y b).

Dónde: α = Difusividad térmica (m^2s^{-1}), H = Humedad (10 - 20%), T = Temperatura (25 - 35°C), las Ecuaciones 8 y 9, desarrolladas mediante la función cuadrática (superficie de respuesta de segundo orden), nos permiten realizar interpolaciones en un rango de 25 a 35°C de temperatura y de 10 a 15% de humedad, se observa (Figura 5 a y b) que conforme incrementa la temperatura de 25 a 35°C el valor de la difusividad térmica es mayor, sin embargo a niveles conforme incrementa la humedad de 10 a 20% su valor se reduce.

El análisis de varianza, reporta que si existe variación estadística significativa entre los tipos de granos. Pero las demás fuentes de variación (Humedad y Temperatura), presentan diferencia significativa, demostrando la dependencia que existe de la difusividad térmica entre la humedad y temperatura. El análisis de la Prueba Tukey, reporta que los promedios de las difusividades térmicas de los granos andinos INIA –Salcedo y Blanca de July (quinua) son diferentes a los granos andinos Cupi y Ramis (cañihua). Por lo tanto se puede generalizar y concluir que la difusividad térmica varía entre los granos de quinua y cañihua en función de su temperatura y humedad.

CONCLUSIONES

Se comprobó que la difusividad térmica de los granos de quinua y cañihua están comprendidas entre $8,797$ a $7,9530 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ y $8,20$ a $7,2580 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, con porosidades de 0.35 a 0.33 y 0.28 a 0.25 respectivamente, esta propiedad presenta diferencias entre los granos de quinua y cañihua. Comprobándose la relación directa con la temperatura e inversa con el contenido de humedad en rangos de 20 a 35°C y de 10 a 20% de humedad.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, J. Y AGUILERA, J.M. (2001). Métodos para Medir las Propiedades Físicas en la Industria de los Alimentos, Editorial Acribia, S.A.
- BALL, C. O., OLSON, F. W. C. (1957). Sterilization in Food Technology. McGraw Hill, New York, USA.
- CARSLAW, H. S., JAEGER J. C. (1959). Conduction of heat in solids. Oxford University Press, USA.
- DICKERSON, W. R. (1965). An Aparatus for the Measurement of Thermal Diffusivity of foods. *Journal Food Technology*, 18 (5), 198-204.
- GEANKOPLIS, C J. (1995). Procesos de transporte y operaciones unitarias. 2da. Ed. CECSA. México.
- GUPTA, T.R. (1996). Thermal diffusivity measurements of Wheat flour and Wheat flour Dough. *Journal of food process engineering*, 19, 343-352.
- HARMOND, J. E. (1965): "Physical Properties of Seed", *Transactions of the ASAE*. 8(1): 30-32.
- HELDMAN C. J. (1983). Factors influencing food freezing rates. *Food Technol.* 37:103-109.
- HERNÁNDEZ, J. E. 1992. Cultivos marginados, otra perspectiva de 1942. Italia, Colección FAO, Boletín N° 26.
- IBARZ, A. Y BARBOSA, G. (2003). Unit operations in food engineering. Inc. Madrid - España.
- KAZARIAN, EA & HALL, C.W. (1995). Thermal properties of grain. *Trans. ASAE*. 8(1):33-48.
- KENT N. (1983). *Technology of Cereals*. Third edition. Pergamon Press. Oxford, New York.
- KOSTAROPOULOS, A. E.; SARAVACOS, G. D. (1997). Thermal diffusivity of Granular and Porous Foods at Low Moisture Content. *Journal Food Engineering* 33: 101-109.
- LEWIS, M. J. (1993). Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Editorial Acribia, Zaragoza España.
- MOHSENIN, N.Ê (1980). *Thermal Properties of Foods and Agricultural*. Material-Gordon and Breach Science Publishers. New York – USA.
- MOHSENIN, N.Ê. (1986). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- MOOTE, I. (1953). The effect of moisture content on the thermal properties of wheat. *Journal of FoodTechnology*, 3(1): 57-69.
- MUJICA, A. (2000). Potencial y perspectivas futuras de la quinua (*ChenopodiumquinoaWilld*) en el Perú". *Revista Mosaico*.
- MUJICA, A. (2001). La cañihua (*ChenopodiumpallidicaulleAellen*) en la nutrición humana del Perú.
- POULSEN, K. P. (1982). Thermal Diffusivity of Foods Measured by Simple Equipment. *J. Food Eng.* 1: 115-122.
- REPO-CARRASCO, R. (1998). *Introducción a la Ciencia y Tecnología de cereales y granos andinos*. Lima - Perú.
- REID, R. C., Prausnitz, J. M. y Poling, B. E. (1987). *The Properties of Gases and Liquids*, 4ta Edition. McGraw-Hill, New York.
- SINGH, R. P. (1982). Thermal diffusivity in food processing. *Food Technology*, 36(2), 90.
- TAPIA, M. GANDARILLAS, H., ALANDIA, S., CARDOZO, A. Y MUJICA, A. 1980. Quinua y qañiwa, cultivos andinos. Bogota, Colombia. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 228p
- TAPIA, M.E. 2000. Cultivos andinos sub-explotados y su aporte a la alimentación. Santiago, Chile. 2da. Edición, Of. Regional de la FAO para América Latina y el Caribe
- UREÑA, M. O. 1990. Obtención de Alimentos Modelo a partir de Mezclas de bentonita: Glicerol: Agua para Estudios de Tratamientos Termicos. Valencia, España, Universidad Politecnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, 145p

Aplicación del sistema HACCP y el uso de cultivos andinos en la región Puno

HACCP implementation and use of Andean crops in the region Puno

Arapa Carcasi, P.¹

¹ Investigador independiente

*Autor para correspondencia, e-mail: percyptagoras@hotmail.com

RESUMEN

La aplicación del sistema HACCP garantiza la elaboración de alimentos inocuos, nuestro objetivo es caracterizar la aplicación del sistema HACCP en empresas dedicadas al procesamiento de alimentos y evaluar el porcentaje de uso de cultivos andinos como la quinua (*Chenopodium quinoa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), tarwi (*Lupinus mutabilis*) entre otros en la formulación de alimentos procesados en la región Puno, el estudio se realizó a fines del 2010 en la región de Puno - Perú, consistió en el acopio de información existente en instituciones como la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA) y en empresas productoras de alimentos, en nuestro estudio se determinó que existe un total de 25 empresas que cuentan con Habilitación Sanitaria, aplicándose el sistema HACCP en productos como Pan Fortificado con un 14.78%, seguido del producto Galletas Fortificadas con un 13.91%, solo un 56% cuentan con la Validación Técnica Oficial del Plan HACCP, el promedio de cultivos andinos que se utiliza en la formulación de alimentos es de 18% en quinua, 5.71% en cañihua, 5% en tarwi y 20% en papa (*Solanum Tuberosum*), existe un total de 17 productos que se destinan a compras estatales y la dificultad para la aplicación del sistema HACCP es el recurso económico y el personal capacitado.

Palabras clave: inocuidad, habilitación sanitaria, validación técnica oficial del Plan HACCP, formulación

ABSTRACT

The application of HACCP system ensures safe food preparation, our goal is to characterize the implementation of HACCP in companies engaged in food processing and assessing the degree of use of Andean crops such as quinoa (*Chenopodium quinoa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), lupine (*Lupinus mutabilis*) among others in the formulation of processed foods in the Puno region, the study was conducted in late 2010 in the region of Puno - Peru, involved the collection of information in institutions such as the General Environmental Health (DIGESA), National Program of Food Assistance (PRONAA) and food companies in our study it was determined that a total of 25 companies with Health Empowerment, applying the HACCP system in products such as bread fortified with a 14.78%, followed by biscuits product with 13.91%, only 56% have the Official Technical Validation of HACCP plan, the average Andean crops used in feed formulation is 18% in quinoa, 5.71% in cañihua, 5% lupine and 20% in potato (*Solanum tuberosum*), there are a total of 17 products that are intended for state purchases and the difficulty of implementing the HACCP system is an economic resource and trained personnel.

Keywords: safety, health clearance, formal technical validation of the HACCP Plan, formulation

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los consumidores exigen productos inocuos y que ofrezcan calidad sanitaria adecuada, frente a ello las empresas productoras de alimentos de la región Puno tienen la necesidad de aplicar el sistema HACCP, el sistema HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Points*) es un sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos (CAC/RCP 1-1969 - Rev 4, 2003). HACCP es un programa de seguridad alimentaria no es un programa de calidad. Sus siete principios del sistema HACCP están agrupados en procedimientos bien definidos: 1.- análisis de peligros; 2.- identificación de puntos críticos de control; 3.- establecer límites críticos para cada punto crítico de control; 4.- establecer los procedimientos de monitoreo; 5.- establecer las acciones correctivas; 6.- establecer procedimientos de registro de datos y por último, 7.- establecer procedimientos de verificación (Monreal, 2011). La inocuidad y los controles establecidos en el procesamiento de los granos andinos de quinua (*Chenopodium quinoa*), cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) son fundamentales para garantizar un buen producto además de establecer las buenas prácticas de manufactura, programas de higiene y saneamiento, HACCP e ISO 9000 con la finalidad de garantizar la inocuidad y calidad de sus productos (Arapa, 2011). En el Perú la correcta aplicación del sistema HACCP esta supervisada por la Dirección General de Salud ambiental – DIGESA el cual expide una Habilitación Sanitaria y Validación Técnica Oficial del Plan HACCP

Nuestro país posee una riqueza abundante de recursos no explotados darle la debida importancia nos permitirá mejorar nuestra condición económica y nivel de consumo alimentario, por ende mejorar el estado nutricional de aquí el interés de los investigadores en mejorar los sistemas de producción de materias primas existentes en la región como cebada, quinua, cañihua y tarwi (*Lupinus mutabilis*) los mismos que hasta hoy no han sido bien aprovechados y a los que no se da una adecuada utilización por el desconocimiento de sus propiedades nutritivas. (Tello et al, 2006). Algunos cultivos andinos,

como la quinua, el tarwi y otros, aun permanecen en el medio andino sin haber alcanzado niveles de explotación comercial e industrial (Choquehuanca, 1998). Los cultivos andinos como la quinua, cañihua, kiwicha tienen mayor contenido de aminoácidos esenciales especialmente la lisina, los granos andinos contienen a veces más lisina que el trigo (Repo-Carrasco, 1998), el uso de cultivos andinos en la formulación de alimentos confiere un valor agregado a productos tradicionales como el pan, las galletas, hojuelas, etc., las formulas que utilizan cultivos andinos tienen en su composición final mayor contenido de proteínas y de aminoácidos esenciales.

Los objetivos del presente artículo es i) caracterizar la aplicación del sistema HACCP en empresas productoras de alimentos y ii) evaluar el porcentaje de uso de cultivos andinos en la formulación de alimentos procesados en la región Puno

MATERIALES Y MÉTODOS

Nuestro ámbito de estudio es la región Puno de Perú, este estudio se realizó a fines del 2010, en primera instancia se realiza una revisión de la información disponible existente en la Dirección General de Salud Ambiental en donde se obtuvo el número total de habilitaciones sanitarias y validaciones técnicas oficiales del plan HACCP expedidas, en el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria se obtuvo la composición de la ración entregada a niños de 6 a 12 años, en una segunda parte se visitó a tres empresas productoras de alimentos que tienen implementado el sistema HACCP, la primera ubicada en la provincia de Yunguyo (ACR. Molinos Pan y Vida Yunguyo) con una producción anual de 40 TM en Hojuelas de quinua, Galletas fortificadas, Pan de papa fortificado, la segunda ubicada en la provincia de San Román (Corporación Brisas del Lago) con una producción de 50 TM anuales de Mezcla fortificada y Pan Fortificado y la tercera también ubicada en la provincia de San Román (Empresa Industrial de Productos Alimentarios T&J) con una producción de 30 TM de

Mezcla fortificada, esta visita se realizó con la finalidad de conocer el uso de cultivos andinos y realizar encuestas sobre la aplicación del sistema HACCP la encuesta consistió en 4 preguntas (P1: Desde que año utiliza el sistema HACCP, P2: Dificultades en la implementación del sistema HACCP, P3: Dificultades en la aplicación del sistema HACCP, P4: Mercados donde destina sus productos), por último se realizó un análisis de toda la información consistiendo en determinar el porcentaje de alimentos procesados aplicando el sistema HACCP, porcentaje de uso de cultivos andinos en la formulación de productos.

RESULTADOS Y DISCUSION

1.1. Implementación del sistema HACCP

La metodología utilizada para la implementación del sistema HACCP en las empresas visitadas se detalla en la figura 1, esta secuencia lógica es sugerida por Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 1998).

1.2. Empresas que producen alimentos aplicando el sistema HACCP

En la región Puno hay 25 empresas que producen alimentos aplicando el Sistema HACCP (DIGESA, 2011). Los productos en donde se aplica el sistema se detallan en la tabla 1 y en la figura 2 se puede observar que el 14.78% de empresas producen Pan Fortificado, seguido por un 13.91% de empresa que producen Galletas Fortificadas y así sucesivamente. Según el (INEI, 1993-1994) existe un total de 482 establecimientos productores de alimentos y bebidas en la región Puno, comparando con la tabla 1 se observa un reducido número de establecimientos y productos que aplican el sistema HACCP.

1.3. Empresas que cuentan con habilitación sanitaria

La Dirección General de Salud Ambiental emitió resoluciones directorales a 25 empresas otorgando habilitaciones Sanitarias, en la tabla 2 se muestra el número de empresas que solicitaron la Habilitación

Sanitaria y el total de empresas que obtuvieron la Habilitación Sanitaria, como se puede observar en la tabla 2 el 86.21% de empresas obtuvieron la Habilitación Sanitaria y la diferencia no obtuvieron. Esto por no garantizar la correcta aplicación de las buenas prácticas de manufactura, el programa de higiene y saneamiento y el sistema HACCP (DIGESA, 2010), todas las habilitaciones sanitarias expedidas por DIGESA solo es

por un periodo de un año según información consignada en las resoluciones directorales emitidas.

1.4. Empresas que cuentan con validación técnica oficial del Plan HACCP

Solo el 56% cuentan con Validación Técnica Oficial del Plan HACCP y el 44% no cuentan, tal como se detalla en la tabla 3, esto implica que solo al 56% se le realizó una constatación por la autoridad sanitaria en los elementos del plan HACCP y su eficacia en las plantas de producción de alimentos, el plan HACCP debe aplicarse a cada línea de producción y es específico para cada alimento o bebida, será revisado periódicamente para incorporar en cada fase los avances de la ciencia y de la tecnología alimentaria (R.M. N° 449-2006/MINSA, 2006)

1.5. Productos donde se utiliza cultivos andinos

El uso de cultivos andinos es variable en distintos productos, desde un 5 al 20 %, en la tabla 4 se muestra la cantidad de cultivos andinos utilizados como papa (*Solanum tuberosum*) en un 20% en la elaboración de pan de papa fortificado, quinua se utiliza en mayor cantidad en galletas fortificadas en 15%, tarwi en un 5% en galletas fortificadas, cañihua se utiliza en mayor cantidad en las 7 harinas con un 10%, siendo el promedio 18% para quinua, 5.71% para cañihua, 5% para tarwi y 20% para la papa. Como se puede observar el porcentaje de sustitución de cultivos andinos no supera el 20% esto debido a que cantidades superiores a esta modifican sus propiedades de los productos como el pan, galletas, etc. (Gomez & Ibañez, 2011).

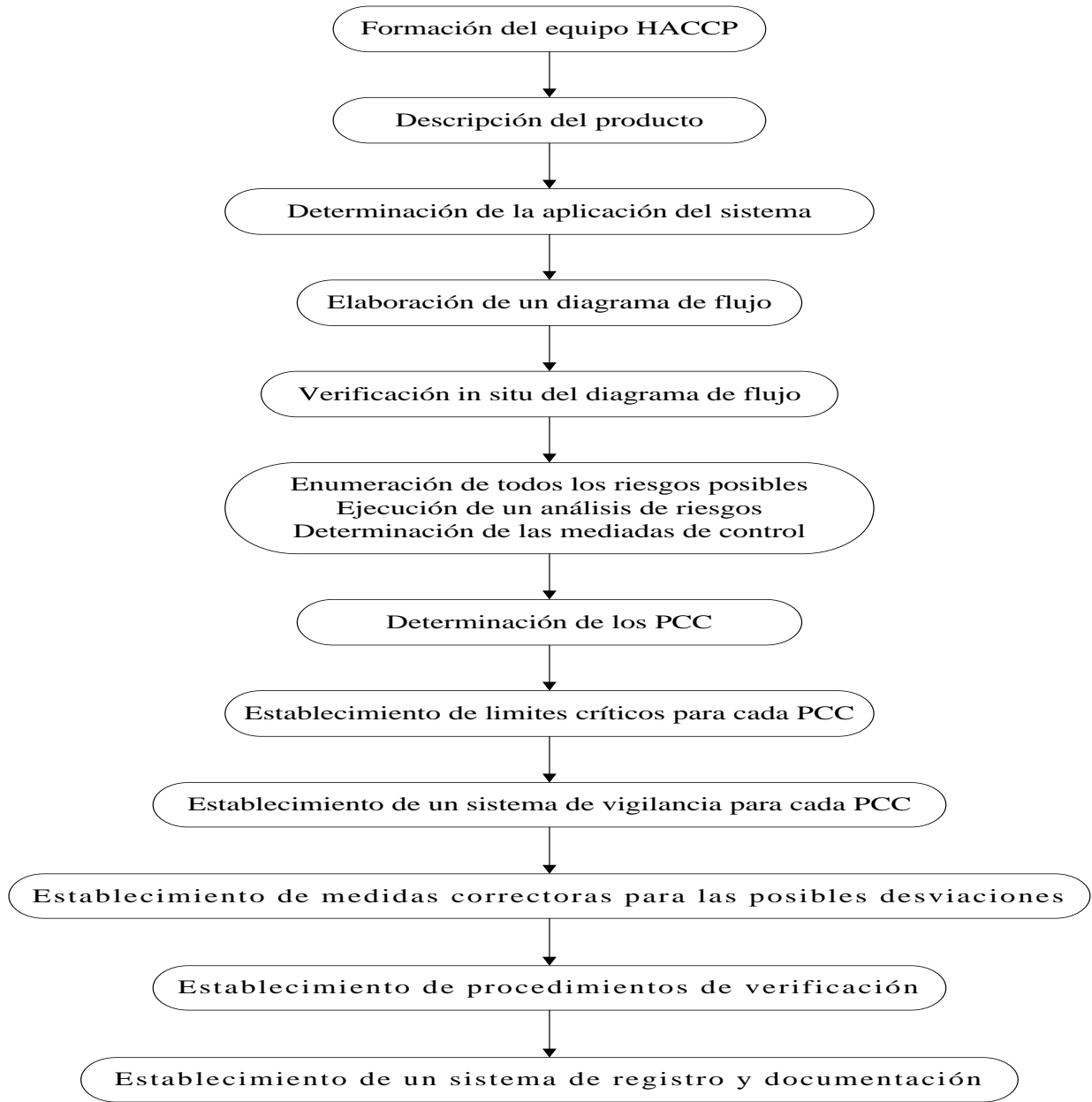


Figura 1: Secuencia lógica para la aplicación del sistema HACCP (DIGESA, 1998)

Tabla 1. Productos que se producen aplicando el sistema HACCP en la región Puno

N°	PRODUCTO	Cantidad de empresas que producen el alimento	Porcentaje de empresas que producen el alimento
1	Mezcla Fortificada de Cereales y Leguminosas	12	10.43
2	Pan fortificado	17	14.78
3	Galletas Fortificadas	16	13.91
4	Pan de Papa Fortificado	14	12.17
5	Biscochos fortificados	9	7.83
6	Enriquecido Lácteo	6	5.22
7	Panetón Fortificado	2	1.74
8	Hojuela de Cereales	7	6.09
9	Galletas de Agua Fortificado	9	7.83
10	Papilla	7	6.09
11	Crema de Haba	2	1.74
12	Harina de Cereales	3	2.61
13	Quinoa Perlada y otros cereales andinos	2	1.74
14	Pan Labranza, Panetón, Leche Chocolateada, etc.	5	4.35
15	Morón de Trigo	2	1.74
16	7 Harinas	1	0.87
17	Envasado de Arroz	1	0.87

Fuente: Elaborado en base a la información proporcionado por la Dirección General de Salud Ambiental, año 2010

Tabla 2. Empresas que obtuvieron Habilitación Sanitaria

Tramite	Número de empresas	Porcentaje de empresas
Solicitaron Habilitación Sanitaria	29	100
Empresas que no obtuvieron Habilitación Sanitaria	4	13.79
Empresas con Habilitación Sanitaria	25	86.21

Fuente: Elaborado en base a la información proporcionado por la Dirección General de Salud Ambiental, año 2010

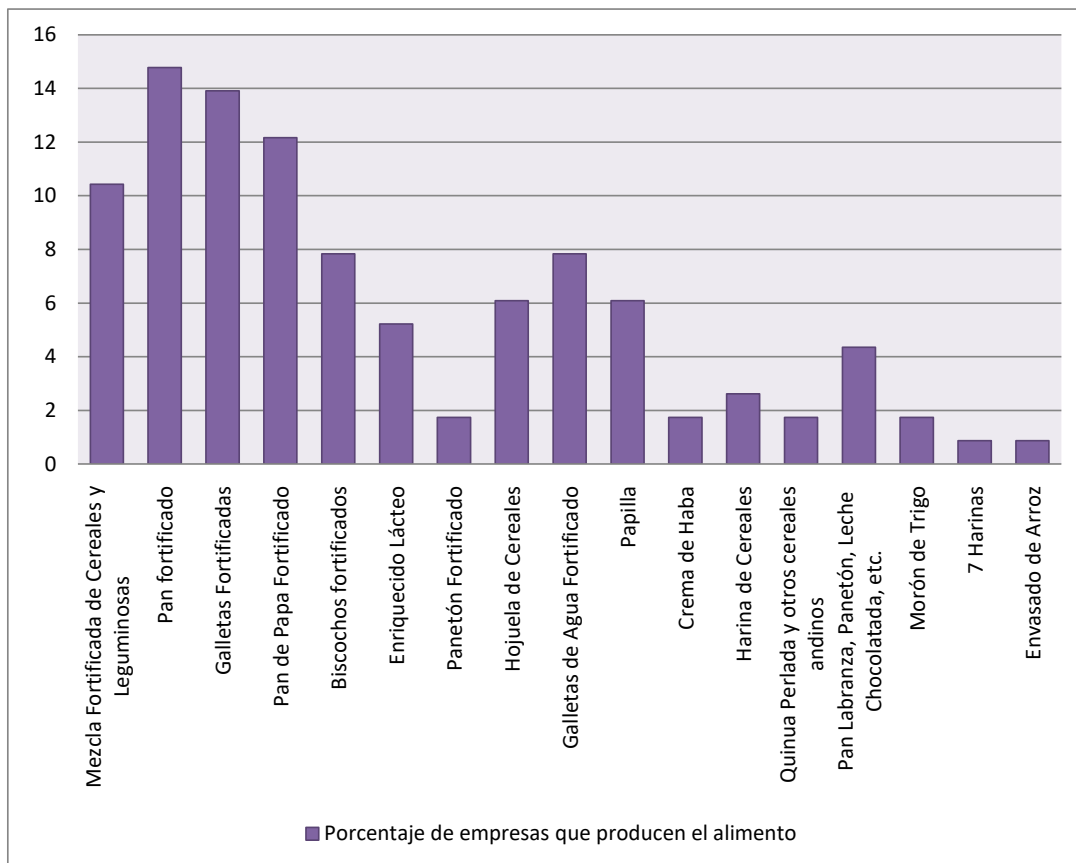


Figura 2: Porcentaje de productos que se producen aplicando el sistema HACCP en la región Puno (elaborado en base a la información proporcionado por la Dirección General de Salud Ambiental, año 2010)

Tabla 3. Empresas que cuentan con Validación Técnica Oficial del Plan HACCP.

Trámite	Número de empresas	Porcentaje de empresas
Empresas que cuentan con Validación Técnica Oficial del Plan HACCP	14	56.00
Empresas que no cuentan con Validación Técnica Oficial del Plan HACCP	11	44.00

Fuente: Elaborado en base a la información proporcionado por la Dirección General de Salud Ambiental, año 2010

Tabla 4. Productos donde se utiliza cultivos andinos

Producto	Quinua	Cañihua	Tarwi	Papa
Mezcla Fortificada de Cereales y Leguminosas	10 %	5 %		
Pan fortificado	10 %			
Galletas Fortificadas	15 %		5 %	
Pan de Papa Fortificado	10 %	5 %		20 %
Enriquecido Lácteo	10 %	5 %		
Hojuela de Cereales	5 %	5 %		
Papilla	5 %	5 %		
Harina de Cereales	5 %	5 %		
Quinua Perlada	100 %			
7 Harinas	10 %	10 %		
Promedio	18%	5.71%	5%	20 %

Fuente: Elaborado en base a la visita realiza a las empresas ACR Molinos pan y vida Yunguyo, Corporación Brisas de Lago, Empresa Industrial de Productos Alimentarios T&J, año 2010

1.6. Uso de cultivos andinos en programas nutricionales

La información nutricional proporcionada por el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria se detallan en la tabla 5, observando que adquiere 3 productos importantes como Mezcla fortificada, Pan Fortificado y Papa Pan Fortificado en el programa Integral de Nutrición (desayunos escolares) beneficiando a niños de 6 a 12 años, en estos productos contienen en su formulación cultivos andinos como la quinua, cañihua y papa tal como se detalla en la tabla 5.

1.7. Principales problemas identificados en la implementación del sistema HACCP

En el tabla 6 se muestra los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a las empresas que aplican el sistema HACCP, donde se observa la similitud de las respuestas obtenidas en cada una de las empresas encuestadas,

siendo el económico la dificultad en la implementación del sistema y la capacitación en la aplicación del sistema HACCP y los productos que se elabora se destina a compras estatales. Tanto la dificultad económica como la capacitación conlleva a contar con un presupuesto adicional que permita tener implementos de limpieza y sistemas de control para un buen desarrollo del plan de higiene y saneamiento así como para el plan HACCP (Ramos & Huanqui, 2004), la inversión realizada para la implementación del sistema HACCP es la siguiente: La empresa ARC Molinos Pan y vida Yunguyo invirtió aproximadamente \$ 80,000.00, la empresa Corporación Brisas del Lago \$ 60,000.00 y la Empresa Industrial de Productos Alimentarios T&J \$ 40,000.00. Con la aplicación del sistema HACCP se tiene la ventaja de acceder a mercados exigentes como los supermercados, compras estatales, exportaciones, además siendo base para certificaciones de inocuidad alimentaria, la desventaja es que este sistema se tiene que validar.

Tabla 5. Ración referencial del sub programa escolar de desayuno 2010

Ración	Cantidad g/p/día
Mezcla Fortificada de Cereales y Leguminosas (50 g) + Pan fortificado (70)	120
Mezcla Fortificada de Cereales y Leguminosas (50 g) + Papa Pan fortificado (75)	125
Cobertura promedio de la ración al requerimiento	
Energía %	21.69
Proteína %	45.73
Hiero %	100

Fuente: Elaborado en base a la información proporcionado por el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria, año 2010

Tabla 6. Encuesta realizada a empresas que cuentan con Habilitación Sanitaria

Empresa	P1	P2	P3	P4
A.R.C. Molinos Pan y vida Yunguyo	2007	Económico	Personal Capacitado	Compras estatales
Empresa Industrial de Productos Alimentarios T&J	2007	Económico	Personal Capacitado	Compras estatales
Corporación Brisas del Lago	2005	Económico		Compras estatales y supermercados de Lima

P1: Desde que año utiliza el sistema HACCP, P2: Dificultades en la implementación del sistema HACCP, P3: Dificultades en la aplicación del sistema HACCP, P4: Mercados donde destina sus productos

Fuente: Elaborado en base a la encuesta realiza a las empresas ACR Molinos pan y vida Yunguyo, Corporación Brisas de Lago, Empresa Industrial de Productos Alimentarios T&J, año 2010

CONCLUSIONES

En la región Puno 25 empresas cuentan con Habilitación Sanitaria, el periodo de validez de la habilitación es un año, esto indica que no han subsanado las observaciones en el tiempo establecido o que no están bien fundamentadas.

Del total de Habilitaciones Sanitarias solo el 56% cuenta con Validación Técnica Oficial del Plan HACCP

17 productos se producen aplicando el sistema HACCP y ello se destina a compras estatales (Programa Nacional de Asistencia Alimentaria, Municipalidades, etc.), de esto se puede deducir que la aplicación del sistema HACCP es por presión gubernamental, de no contar con la Habilitación Sanitaria no pueden participar en las licitaciones que convocan los organismos estatales.

El promedio de cultivos andinos que se utiliza en la formulación de alimentos procesados es de 18%, 5.71%, 5% y 20% en quinua, cañihua, tarwi y papa respectivamente.

Los principales factores que dificultan la aplicación del Sistema HACCP son el económico y el personal capacitado razón por la cual el Sistema HACCP no es aplicado a productos que producen las Pequeñas y Microempresas (PYMES)

BIBLIOGRAFIA

- ARAPA C. 2011. Revista Industria Alimentaria, un futuro promisorio en el procesamiento de granos andinos quinua, cañihua y kiwicha, food consulting SAC, N° 11
- CHOQUEHUANCA C. 1993. Determinación de parámetros en la elaboración de hojuelas de quinua (*Chenopodium quinoa Will*) precosida y saborizada. Tesis UNA – Puno, Puno – Peru
- CODEX ALIMENTARIOS. 2003. Código internacional de prácticas recomendado - principios generales de higiene de los alimentos. CAC/RCP 1-1969, Rev 4
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). 1998. HACCP (sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos), Ministerio de Salud. Lima - Perú
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). Recuperado el 28 de octubre del 2010: <http://www.digesa.minsa.gob.pe>
- GOMEZ P. E IBAÑEZ T. 2011. Revista panadería y pastelería peruana, determinación de la calidad de la harina de quinua como sustituto del trigo harinero en la elaboración de panes, esagesac comunicadores, N° 145 – 147

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). 1993-1994. III censo nacional económico, Perú

MINSA/DIGESA. 1998. Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. Decreto Supremo N° 007-98-SA, MINSA/DIGESA, Lima.

MINSA/DIGESA. 2006. Norma Sanitaria para la aplicación del Sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebida R.M. 449-2006/MINSA, Lima

MONREAL R. 2011. Revista industria alimentaria, HACCP sinónimo de seguridad, A bnp media publication USA, Vol. 22. N° 4

PROGRAMA NACIONAL DE ASISTENCIA ALIMENTARIA (PRONAA) Recuperado el 28 de octubre del 2010: <http://www.pronaa.gob.pe>

RAMOS P. y HUANQUI P. 2004. Revista ingeniera química y desarrollo regional y nacional,

implementación del sistema HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control) en una empresa de elaboración de galletas enriquecidas y proteicas, facultad de ingeniería química, UNA – Puno, N° 10.

REPO-CARRASCO R. 1998. Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos, Lima – Perú

TELLO P., APARICIO A., QUISPE R. 2006. Introducción a la tecnología de los alimentos, Puno – Perú

ANEXOS



(a)



(b)

Anexo 1: (a) vista interior de planta de producción ACR Molinos pan y vida Yunguyo (b) vista exterior de planta de producción Empresa Industrial de Productos Alimentarios T&J, ambas empresas aplican el sistema HACCP (realizado en la visita empresas productoras de alimentos región Puno, año 2010)

Inventario de gases de efecto invernadero emitidos por la actividad agropecuaria boliviana

Inventary of greenhouse gas emissions by Bolivian agriculture

García Apaza, E.¹* Arana, I.¹ Paz, O.¹ Angulo Veizaga, W.¹

¹ Instituto de Investigaciones Agronómicas, Ambientales y del Cambio Climático. Universidad Mayor de San Andrés

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

RESUMEN

Se realizó la estimación de los gases con efecto invernadero emitidos por la agricultura boliviana para el año 2004, el cual se ha comparado con inventarios de los años 1990, 1994, 1998, 2000 y 2002. El número de cabezas de ganado es proporcional a las emisiones, aumentando a medida que aumenta la población ganadera. Los gases principales que se emiten por este sector son: el metano y el óxido nítrico, aunque también se contabilizan los óxidos de nitrógeno y el monóxido de carbono. De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático la metodología para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector agrícola se dividen en actividades ganaderas y agrícolas; en la ganadería se caracterizan la fermentación entérica y el sistema de manejo del estiércol; y en las actividades agrícolas, el manejo de suelos, el cultivo del arroz y la quema en campo de residuos agrícolas. El mayor emisor de metano debido a la fermentación entérica, ha sido la ganadería localizada en las zonas bajas de Bolivia (58,20% en el 2002 y 57,92% en el 2004, respecto del total de emisiones del subsector ganadero). Estas emisiones han estado relacionadas con la población ganadera, que ha ido variando desde 1990, especialmente por los eventos extremos como el Niño y la Niña. Los resultados indican que en el 2004, la agricultura boliviana emitió 587,68 Gg de metano (7,54% más que en el 2002; 13,81% más que en el 2000; 20,77% mayor a 1998; 33,06% mayor que 1994; y 48,00% más que en 1990). El sector agrícola también emitió 1,84 Gg de N₂O; 13,43 Gg de NO_x y 728,18 Gg de CO. Considerando el potencial de calentamiento de las emisiones resulta que la agricultura estaría emitiendo un total equivalente a 13.516,64 Gg de CO₂-eq año⁻¹ en forma de metano y 546,12 Gg de CO₂-eq año⁻¹ en forma de óxido nítrico, totalizando 14.062,76 Gg de CO₂-eq año⁻¹, lo que equivale a un 16,48% respecto del total de emisiones en Bolivia.

Palabras clave: Gases invernadero, emisiones, agricultura, metano, óxidos nítricos

ABSTRACT

We performed the estimation of greenhouse gases emitted by Bolivian agriculture for 2004, which was compared with inventories of the years 1990, 1994, 1998, 2000 and 2002. The number of cattle is proportional to emissions, increasing with increasing population density. The main gases emitted by this sector are: methane and nitrous oxide, but also accounted for nitrogen oxides and carbon monoxide. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change the methodology for estimating emissions of greenhouse gases (GHGs) in the agricultural sector is divided into livestock and farming activities; the livestock are characterized by enteric fermentation and manure management system, and in farming, soil management, rice cultivation and field burning of agricultural waste. The largest emitter of methane was the livestock due to enteric fermentation which has been located in the lowlands of Bolivia (58,20% in 2002 and 57,92% in 2004 to total emissions from livestock subsector). These emissions have been linked to livestock population that has changed since 1990, especially for extreme events such as El Niño and La Niña. The results indicate that in 2004, Bolivian agriculture emitted 587,68 Gg CH₄ (7,54% more than in 2002; 13,81% more than in 2000; 20,77% higher than 1998; 33,06% higher than 1994 and 48,00% more than in 1990). The agricultural sector also emitted 1,84 Gg of N₂O; 13,43 Gg of NO_x and 728,18 Gg of CO. Considering the warming potential the agriculture would be emitting a total of

13.516,64 Gg CO₂-eq year⁻¹ as methane and 546,12 Gg CO₂-eq year⁻¹ as nitrous oxide, in total 14.062,76 Gg CO₂-eq year⁻¹, equivalent to 16,48% of the total emissions in Bolivia.

Keywords: Greenhouse gases, emissions, agriculture, methane, nitrous oxides

INTRODUCCION

El aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂ ha estado causando mucha preocupación, por el posible impacto que ello podría tener sobre el clima del planeta. En efecto, la tierra mantiene su balance térmico emitiendo energía, día y noche, en forma de radiación electromagnética. Algunos gases de la atmósfera, tales como el vapor de agua, el CO₂, el metano (CH₄), el ozono, los óxidos de N y los clorofluorocarbonos (CFC), son capaces de atrapar esta radiación. Al hacerlo se calientan y reemiten una parte de ella hacia la tierra.

La teoría del cambio climático por efecto del CO₂ fue sugerida ya en el año 1938 por Callendar (Gates, 1965) y, más recientemente, se ha expandido para incluir otros gases: metano, óxidos de N y los compuestos volátiles diferentes al metano (COVNM). La preocupación por el efecto invernadero no solo se debe al efecto en las temperaturas sino también al efecto en las alteraciones de las precipitaciones y evaporaciones asociadas, lo que indudablemente producirá cambios en la distribución geográfica de los cultivos y en los niveles de los mares.

Según Domínguez (2006) la superficie de la tierra calentada por la radiación solar emite una radiación correspondiente a la región del infrarrojo entre 4000 y 100000 nm. Tanto el dióxido de carbono como el vapor de agua presentes en la atmósfera son capaces de absorber la energía emitida por la Tierra. El vapor de agua absorbe preferentemente la energía comprendida entre los 4000 y 7000 nm, mientras que el dióxido de carbono lo hace entre el rango de los 13000 y 19000 nm. Así pues, los gases de efecto invernadero, no solo absorben sino que emiten radiación infrarroja. Adicionalmente, cuando se quema una tonelada de carbón se produce aproximadamente 4 toneladas de CO₂, puesto que cada átomo de carbono se combina con dos átomos de oxígeno del aire.

Aunque el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) publicó tres Reportes de Evaluación (Assessment Reports), en 1990, 1996, y 2001, una robusta colección de estudios científicos hechos por investigadores individuales, con una gran variedad de opiniones, reportes como de Amthor (1998) han mostrado datos generales sobre el aumento de CO₂ en la atmósfera en los últimos 1000 años. Esta información muestra que la concentración de este gas ha aumentado de 280 a más de 360 mg kg⁻¹ en 200 años y que más del 50% de este aumento se ha producido después de la era industrial (1950 aproximadamente), esto equivale a una tasa de incremento de alrededor de 0,8 mg kg⁻¹ por año. Otra de las causas de este aumento, también es el incremento de aerosoles, especialmente las que contienen los clorofluorocarbonos, que tiene un efecto calentador, por absorción de la radiación solar incidente. Sin embargo, también hay investigaciones con la consecuencia contraria, como el efecto de los aerosoles con activos azufrados provenientes especialmente de las erupciones volcánicas y la remoción de grandes cantidades de CO₂ en forma de bicarbonato de calcio que son disueltas en el océano (Patterson, 1993, Sarimento, 1993, Pearce, 1994). Teorías que sin embargo, aún no se han demostrado fehacientemente.

Por otro lado, se han realizado esfuerzos por conocer el efecto relativo de los diferentes gases a través del balance radiativo de la tierra, con ayuda de modelos de circulación general de la atmósfera. Los modelos de circulación global intentan representar las influencias climáticas mediante ecuaciones numéricas, y son usadas para predecir las variaciones futuras del clima. Sin embargo, están obstaculizadas por nuestra pobre comprensión de las relaciones y bucles de realimentación entre las numerosas variables claves. Las primeras estimaciones indican aumentos de 4 a 5 °C en las temperaturas y, variaciones entre 8 a 15 % en las

lluvias. Durante el siglo XX, la temperatura aumentó aproximadamente 0,6°C (Figura 1). Las proyecciones de variaciones de la temperatura estiman un aumento entre 1,4- 5,8°C de la temperatura en el siglo XXI, con aparición de temperaturas extremas, inundaciones y sequías que afectaron la fauna y flora mundial (McMichael et al, 2001). Valores dados por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996) indican incrementos de temperatura cercanas a 1,5 °C, desde la actualidad al año 2060 (Reilly, 1995). Los cambios en la precipitación y en la temperatura inducen cambios de la escorrentía y de la disponibilidad de agua. La escorrentía aumentaría entre un 10% y un 40% de aquí a mediados de siglo en latitudes superiores y en ciertas áreas tropicales pluviales, incluidas ciertas áreas populosas del este y sureste de Asia, y disminuiría entre un 10% y un 30% en ciertas regiones secas de latitudes medias y en los trópicos secos, debido a la disminución de las lluvias y a unas tasas de evapotranspiración más altas.

A nivel mundial, la actividad agrícola y pecuaria es responsable entre 10 - 12% de las emisiones antropogénicas de gases con efecto invernadero, de los cuales 60% proviene del N₂O y 50% de las emisiones de metano (Smith et al., 2007). Así mismo, 18% de las emisiones derivadas de cambios de uso del suelo corresponden igualmente a la agricultura; sin embargo, las actividades indirectas, como la producción de fertilizantes y la utilización de energía en las actividades agrícolas, podrían elevar estas emisiones a más del 30%. Las emisiones más importantes provendrían del CO₂-eq proveniente del metano y del óxido nitroso, ya que este sería responsable de hasta un 4% del aumento del CO₂ en la atmósfera, y el resto provendría del cambio del uso del suelo (12%) y otras relacionadas al sector energético (54%). El metano ha aumentado de 0,8 partes por millón en volumen (ppmv) en 1850 a 1,7 ppmv en la actualidad, y su tasa de incremento se ha disminuido desde 1970 en adelante desde 20 ppmv por año, a la mitad en 1992 (Ciesla, 1996), aun no explicada. Los óxidos de N tienen en su contenido actual aproximadamente 0,3 ppmv, y está aumentando a tasas de un 0,2 - 0,3 % al

año. Las estimaciones realizadas de las emisiones de estos dos gases para el caso de la agricultura boliviana ya en 1990 mostraron que el metano era el principal gas emitido, con 397,07 Gg año⁻¹, seguido del CO con 280,40 Gg año⁻¹, y por los óxidos de N con 5,55 Gg año⁻¹ (MDS et al., 2003).

El sector agrícola y pecuario son los que tendrán mayores impactos del incremento de las temperaturas. Las proyecciones realizadas por la comunidad científica de diferentes partes del mundo indican que la productividad agropecuaria disminuiría en algunas regiones y aumentaría en otras. Van Groenigen et al. (2010) postuló que en un planeta en el cual la demanda de alimentos y limitada área para la extensión de las actividades agrícolas las emisiones de N₂O deben ser evaluadas a partir de la producción del cultivo más que una función del área, como normalmente es reportado. Como las emisiones de GEI en esta actividad es conducido por la adición de fertilizantes, también es postulado que el uso eficiente del N; estudios recientes han demostrado que existe un significativo incremento en las emisiones cuando existe una excesiva utilización de este fertilizante (Ma et al., 2010; Hoben et al., 2011).

La población ganadera boliviana (bovina) está principalmente localizada en el oriente boliviano, con alrededor de 7 millones de cabezas (MDRAyMA-VDEA, 2006). El sistema ganadero boliviano tiene el manejo del hato casi tradicional debido a un escaso uso de tecnología y/o de capital. El sistema de producción es básicamente extensivo en un 90%, mientras que el 10% restante corresponde a los sistemas semi-intensivo e intensivo. Por otro lado, la actividad ganadera en el altiplano boliviano, toma formas variadas en lo que concierne a la importancia que tiene en el sistema de producción, esto es, por las especies animales criadas (ovinos, bovinos, llamas, alpacas). Uno de los grandes problemas que enfrenta Bolivia es la pérdida de ganado por efecto de eventos extremos exacerbados por el cambio climático en las zonas bajas.

La producción agrícola del 2004 (el cual no ha variado sustancialmente desde el 2002) ha estado basada

principalmente en el cultivo de cereales (36,7% de la superficie cultivada), productos para destino industrial (47,6%), tubérculos (7,8%), frutas (3,1%). Los estimulantes, hortalizas y forrajes han tenido una proporción relativamente baja (1,19%, 2,55%, y 1,07% en promedio, respectivamente). La participación del PIB agrícola ha representado en el tiempo un valor algo superior al 15% del PIB total. Sin embargo, en el periodo 1998 al 2001, bajó su participación hasta situarse alrededor del 13%. Esto se debe a la incidencia de factores complejos múltiples, entre los que se destaca el factor climático (MACA, 2004). El cambio más significativo que se registró en la agricultura boliviana, es la que cobró el cultivo de la soya, el cual de representar un 3,2% de la superficie cultivada en 1990, en el año 2002, pasó a 28%.

La mayor parte del arroz se produce en condiciones anaeróbicas. La producción de arroz lo realizan diferentes actores, desde campesinos o colonizadores y empresarios y van desde los niveles mínimos (0,5 hectáreas) hasta los grandes productores (2.000 hectáreas) (TROPICO-SIBTA-MACA, 2003). La región Norte de Santa Cruz (incluyendo parte de departamento de Beni) representa el 80% de la producción arrocería, sin embargo esta producción ha percibido grandes altibajos tendenciales que han afectado al rubro y c) condiciones climáticas favorables (MACA-UCPSA, 2004).

Parte de las actividades en el sector agrícola son las quemadas. En general, las quemadas se lo realizan en las praderas y el rastrojo en los campos de cultivo. La quema prescrita de sabanas es una actividad para habilitar tierras de pastoreo, con la inducción de rebrotes de especies gramíneas. La biomasa quemada está constituida generalmente por paja de rápida combustión. Las áreas de mayor quema corresponden a los departamentos de Beni, Santa Cruz, norte de La Paz y Pando siendo la de mayor incidencia la llanura Chaco – Beniense, donde se encuentra la mayor cantidad de pastizales (Superintendencia Agraria, 2006).

El presente trabajo tiene como objetivo hacer conocer las emisiones del sector agrícola (que incluye la pecuaria) en el año 2004 y hace comparaciones con otros años, para observar su desarrollo en el tiempo, y su clara relación con la población ganadera; así mismo, es el resumen de resultados obtenidos del inventario de las emisiones de gases con efecto invernadero provenientes del sector agrícola en Bolivia para el año 2004 que ha sido incluido en los inventarios de GEI de Bolivia para los años 2002 y 2004, que son los inventarios más recientes y oficiales presentados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático como un esfuerzo adicional de Bolivia y una buena práctica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el inventario de gases invernadero del sector agrícola (que incluye el sector pecuario) se efectuó siguiendo la metodología propuesta por el Intergovernmental Panel on Climate Change y la Organization for Economic Country Development (IPCC/OECD, 1996). Los detalles metodológicos y factores por defecto usados cuando había carencia de datos locales, están contenidos en los volúmenes I (Manual de Referencia), II (Manual de Trabajo), y III (Manual de Instrucciones de Informe). Adicionalmente se ha utilizado la Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, que complementa el trabajo de investigación (IPCC, 2000).

Método de cálculo

1. Emisiones de metano por fermentación entérica:

Determinación de los factores de emisión:

$$FE = (EB \cdot Y_m \cdot 365 \text{ días/año}) / (55,65 \text{ MJ/kg CH}_4)$$

Dónde:

FE = factor de emisión, en kg de CH₄/cabeza/año

EB = absorción de energía bruta, en MJ/cabeza/día

Y_m = tasa de conversión del metano, que es la fracción de energía bruta presente en los alimentos que se convierte en metano

2. Emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol.

2.1 Estimación de CH₄

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ (mm)} = \text{Factor de emisión} \cdot \text{Población} / (106 \text{ kg/Gg})$$

Dónde:

Emisiones de CH₄ (mm) = emisiones de CH₄ procedentes del manejo del estiércol para una población definida, en Gg/año

Factor de emisión = factor de emisión correspondiente a la población de ganado definida, en kg/cabeza/año

Población = el número de cabezas que integra la población de ganado definida

2.2 Estimación de las tasas de excreción de sólidos volátiles

$$\text{SV} = \text{EB} \cdot (1 \text{ kg-dm}/18,45 \text{ MJ}) \cdot (1 - \text{ED}/100) \cdot (1 - \text{CENIZAS}/100)$$

Dónde:

SV = excreción de sólidos volátiles por día sobre la base del peso de la materia seca, en kg-dm/día

EB = Estimación de la ingestión media de alimentos por día, en MJ/día

ED = Energía digestible presente en los alimentos, en porcentaje (p.ej. 60%)

CENIZAS = contenido de cenizas del estiércol, en porcentaje (p.ej. 8%)

Nota: El valor 18,45 representa la densidad de energía de los alimentos expresada en MJ por kg de materia seca. Este valor se mantiene relativamente constante en una amplia gama de forrajes y alimentos a base de granos consumidos por el ganado.

2.3 Estimación del factor de emisión procedente del manejo del estiércol

$$\text{FE}_i = \text{SV}_i \cdot 365 \text{ días/año} \cdot \text{Bo}_i \cdot 0,67 \text{ kg/m}^3 \cdot \Sigma(\text{jk}) / \text{FCM}_{\text{jk}} \cdot \text{SM}_{\text{ijk}}$$

Dónde:

FE_i = factor de emisión anual de la población de ganado definida i, en kg

SV_i = excreción diaria de SV de un animal dentro de la población definida i, en kg

Bo_i = capacidad máxima de producción de CH₄ del estiércol de un animal dentro de la población definida i, en m₃/kg de SV

FCM_{jk} = factores de conversión del CH₄ para cada sistema j de manejo del estiércol, por zona climática k

SM_{ijk} = fracción del estiércol de la especie o categoría de animales i, tratado con el sistema de manejo j, en la zona climática k.

3. Emisiones de óxido nitroso procedentes del manejo de estiércol.

$$(\text{N}_2\text{O-N})(\text{mm}) = \Sigma(\text{S}) \{ [\Sigma(\text{T}) (\text{N}_{(\text{T})} \cdot \text{N}_{\text{ex}(\text{T})} \cdot \text{SM}_{(\text{T,S})})] \cdot \text{FE}_{3(\text{S})} \}$$

Donde:

(N₂O-N)(mm) = emisiones de N₂O-N procedentes del manejo del estiércol en el país (kg de N₂O-N/año)

N_(T) = número de cabezas por especie o categoría T de ganado en el país

N_{ex(T)} = excreción anual media de N por cabeza de cada especie o categoría T en el país (kg de N/animal/año)

SM_(T,S) = fracción de la excreción total anual por cada especie o categoría T de ganado incluida en el sistema S de manejo del estiércol en el país

$FE_{3(S)}$ = factor de emisión de N_2O para el sistema S de manejo del estiércol en el país (kg de N_2O-N/kg de N en el sistema S de manejo del estiércol)

S = sistema de manejo del estiércol

T = especie o categoría de ganado

A los efectos del informe, la conversión de las emisiones de $(N_2O-N)(mm)$ en emisiones de $N_2O(mm)$ se realiza mediante la siguiente relación:

$$N_2O(mm) = (N_2O-N)(mm) \cdot 44/28$$

4. Emisiones de óxido nitroso procedentes de los suelos agrícolas.

Dónde:

N_2O = Emisión de óxido nitroso procedente de los suelos

N_2O directa = Emisiones directas de óxido nitroso

N_2O animales = Emisiones de óxido nitroso procedentes de los animales

N_2O indirecta = Emisiones de óxido nitroso procedentes de forma indirecta

4.1 Emisiones directas de N_2O procedentes de los suelos agrícolas (NIVEL 1a)

$$N_2O_{Directo-N} = [(FSN + FEA + FNB + FRC) \cdot FE_1] + (FSO \cdot FE_2)$$

Dónde:

$N_2O_{directo-N}$ = emisión de N_2O en unidades de nitrógeno

FSN = cantidad anual de nitrógeno en los fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos, ajustada para dar cuenta del volumen que se volatiliza como NH_3 y NO_x

FEA = cantidad anual de nitrógeno en el estiércol animal aplicado intencionalmente a los suelos, ajustada para dar cuenta del volumen que se volatiliza como NH_3 y NO_x

FNB = cantidad de nitrógeno fijado por las variedades fijadoras de N que se cultivan anualmente

FRC = cantidad de nitrógeno en residuos de cosechas que se reintegran anualmente a los suelos

FSO = superficie de suelos orgánicos que se cultiva anualmente

FE_1 = factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes de aportes de N (kg de N_2O-N/kg aporte de N) (por defecto 0,0125)

FE_2 = factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes del cultivo de suelos orgánicos (kg de $N_2O-N/há-año$)

los efectos del informe, la conversión de las emisiones de N_2O-N en emisiones de N_2O se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N \cdot 44/28$$

4.2 N procedente de la aplicación de fertilizantes sintéticos

$$FSN = N_{FERT} \cdot (1 - Frac_{GASF})$$

Dónde:

N_{FERT} = Total de fertilizante utilizado en el país en Kg N/año

$Frac_{GASF}$ = Fracción del total de nitrógeno emitido como $NO_x + NH_3$ (Kg N/KgN), valor por defecto 0,1 Kg $NH_3-N + NO_x-N/Kg$ de fertilizante sintético aplicado.

4.3 N procedente de la aplicación de estiércol animal

FEA =

$$\sum T(N(T) \cdot Nex(T)) \cdot (1 - Frac_{GASM}) \cdot [1 - (Frac_{COMB-EA} + Frac_{PRP} + Frac_{ALIM-EA} + Frac_{CONST-EA})]$$

Dónde:

FEA = Emisiones de nitrógeno procedentes de la producción animal en el país (Kg N/año)

$N(T)$ = Número de animales por categorías en el país.

$N_{ex}(T)$ = Excreción de nitrógeno por tipo de animal (Kg N/animal/año)

$Frac_{GASM}$ = Fracción de nitrógeno excretado que es emitido como NO_x o NH_3 (Kg N/Kg N); valor por defecto 0,2 Kg NH_3 -H + NO_x -N/Kg N excretado del animal.

$Frac_{COMB-EA}$ = Fracción de nitrógeno excretado por los animales, contenido en las fracciones de volumen de estiércol que se quema como combustible.

$Frac_{PRP}$ = Fracción de nitrógeno de animal excretado por los animales y depositada en el suelo por el ganado en pastoreo (Kg N/ Kg N excretado) (2% por defecto).

$Frac_{ALIM-EA}$ = De la estimación del valor de $Frac_{ALIM-EA}$ obtenido para las emisiones directas de N_2O procedentes de los suelos agrícolas Alimentos.

$Frac_{CONST-EA}$ = De la estimación del valor de $Frac_{CONST-EA}$ obtenido para las emisiones directas de N_2O procedentes de los suelos agrícolas (material de construcción).

Factor de emisión para los sistemas de manejo de estiércol = 0,02

4.4 N procedente de la fijación por cultivos leguminosos.

$$FNB = \sum_i [CultivoBF_i \cdot (1 + ResBF_i/CultivoBF_i) \cdot FracMS_i \cdot FracNCRBF_i]$$

Dónde:

$CultivoBF_i$ = Cultivo fijador de nitrógeno, producto de las cosechas que es específica de cada tipo de cultivo i

$ResBF_i/CultivoBF_i$ = Relación residuo producto, valor hallado por índices de cosecha en cada tipo de cultivo i .

$FracMS_i$ = Fracción de materia seca de los residuos del cultivo i .

$FracNCRBF_i$ = Nitrógeno contenido en residuos de cultivo.

4.5 N en residuos de las cosechas reintegrados a los suelos.

$$FRC = \sum_i [(CultivoO_i \cdot ResO_i/CultivoO_i \cdot FracMS_i \cdot FracNRC_i) \cdot (1 - FracQUEM_i - FracCOMB-CR_i - FracCONST-CR_i - FracALIM_i)] + \sum_j [(CultivoBF_j \cdot ResBF_j/CultivoBF_j \cdot FracMS_j \cdot FracNCRBF_j) \cdot (1 - FracQUEM_j - FracCOMB-CR_j - FracCONST-CR_j - FracFOR_j)]$$

Dónde:

$CultivoO_i$ = Cultivo no fijador de nitrógeno.

$ResO_i/CultivoO_i$ = Relación de masa entre los residuos y el producto de los cultivos.

$FracMS_i$ = Contenido de materia seca de la biomasa aérea.

$FracNRC_i$ = Contenido de nitrógeno de la biomasa aérea.

$FracQUEM_i$ = Fracción de residuos quemada en los campos.

$FracCOMB-CR_i$ = Fracción de residuos utilizada como combustible.

$FracCONST-CR_i$ = Fracción de residuos usada para la construcción.

$FracALIM_i$ = Fracción de residuos utilizada como alimento.

$FracFOR_j$ = Fracción de residuos utilizada como forraje.

$CultivoBF_j$ = Cultivo fijador de nitrógeno.

4.6 Emisiones indirectas de óxido nitroso de los suelos agrícolas.

$$N_{2O} \text{ indirect-N} = N_{2O}(G) + N_{2O}(L) + N_{2O}(S)$$

Dónde:

$N_{2O}(G)$ = N_2O producido por la volatilización del N de los fertilizantes sintéticos y el estiércol animal aplicados, y su posterior deposición atmosférica como NO_x y NH_4 (kg de N/año).

$N_2O(L)$ = N_2O producido por la lixiviación y la escorrentía del N procedente del fertilizante y el estiércol aplicados (kg de N/año).

$N_2O(S)$ = N_2O producido por la descarga del N procedente de los excrementos humanos en ríos o estuarios (kg de N/año) (El óxido nitroso procedente de los excrementos humanos ($N_2O(S)$) se declara dentro del sector Desechos).

5. Emisiones de CH_4 procedentes de la producción de arroz.

Emisiones de la producción de arroz (Tg/año) = $\sum_i \sum_j \Sigma_k (FE_{ijk} \cdot S_{ijk} \cdot 10^{-12})$

Dónde:

FE_{ijk} = un factor de emisión integrado para tomar en cuenta las variaciones estacionales, correspondiente a las condiciones i, j y k, en g de CH_4/m^2

S_{ijk} = superficie anual cosechada en las condiciones i, j y k, en $m^2/año$

i, j y k = representan diferentes ecosistemas, regímenes de manejo del agua y otras condiciones que pueden determinar variaciones en las emisiones de CH_4 procedentes del arroz (p.ej. la adición de fertilizantes orgánicos).

6. Emisiones de la quema prescrita de sabanas.

Cantidad de CH_4 o N_2O liberada = cantidad de biomasa quemada (t dm) • factor de emisión de CH_4 o N_2O (kg/t dm)

Para esta emisión se ha asumido una fracción de sabana quemada anual entre 0,2 y 0,25, como en los anteriores inventarios. Así mismo, la fracción de biomasa quemada anualmente de 0,85. Se ha tomado como factor

de emisión de metano para una oxidación de biomasa de 0,934.

7. Emisiones por la quema de residuos agrícolas en campo.

$$TCL = P_i * f_r * f_{msr} * f_{qar} * f_{ox} * f_{c/ms}$$

Dónde:

TCL = Total de carbono liberado.

P_i = Sumatoria de producción anual (t).

f_r = Fracción de residuos de cultivos.

f_{msr} = Promedio de la fracción de materia seca en el residuo (t).

f_{qar} = Fracción actualmente quemada en campo (t).

f_{ox} = Fracción oxidada.

$f_{c/ms}$ = Fracción de carbono.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resumen de emisiones de metano.

Las Fig. 1 muestra las emisiones de metano debidas a la actividad pecuaria en el año 2004 en comparación a los años 1990, 1994, 1998, 2000 y 2002, separados en las diferentes categorías de ganado encontrado en el país: Bovinos, ovinos, llamas, alpacas, y otros. En esta figura se puede apreciar que las mayores emisiones provienen del ganado bovino. A nivel general se observa que la ganadería tiene una emisión en bovinos de 385,20 Gg CH_4 , de Ovinos 52,23 Gg CH_4 , llamas 19,54 Gg CH_4 , alpacas 2,33 Gg CH_4 . De este total, en el altiplano se observa emisiones de bovinos del 4,56%, de Ovinos 7,08%, llamas 4,23%, alpacas 0,51%; en los valles los bovinos emiten un 12,75%, los ovinos 2,85%; en el trópico, los bovinos emiten 65,88% y los ovinos 2,15%.

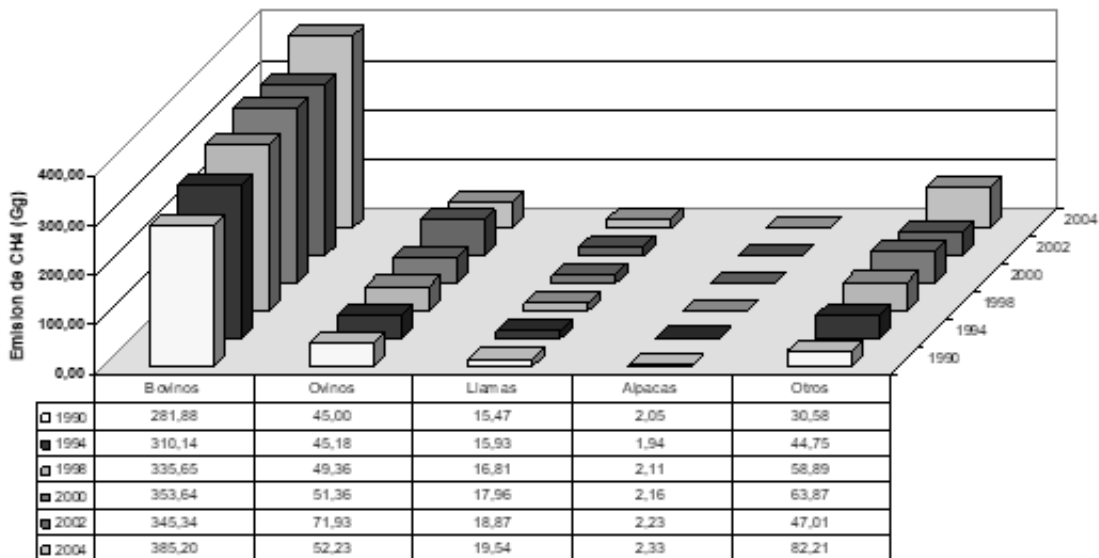


Figura 1. Emisiones de CH₄ provenientes de la sumatoria de la fermentación entérica y sistema de manejo de estiércol en la ganadería boliviana en los años 1990, 1994, 1998, 2000, 2002 y 2004.

Emisiones de metano debidas a la fermentación entérica.

El mayor emisor debido a esta actividad ha sido la ganadería localizada en el trópico boliviano, el cual dependió del tipo de alimentación que el ganado a ingerido, y este a su vez, ha dependido de la zona donde el ganado ha pastado. En el trópico boliviano se pueden distinguir siete subregiones: Yungas (con el 3,5% de la superficie de tierras bajas), chapare (2,9%), llanos cruceños (4%), llanos benianos (25,1%), la Chiquitanía (31,5 %), Amazonía (16,9%) y el chaco (16,1%) (Pacheco, 1998). El forraje en estas zonas varía en su

composición, los más utilizados son los pastos de pastoreo que esta compuesta en general de *Brachiarias* que varían en contenido de Materia Seca (MS) desde 10 a 20 tn/Ha/año, una digestibilidad del 50 a 80%, y contenido de Proteína Bruta (PB) que va desde 6,31 a 10% (PRODISA-UAGRM, 2002); también se utilizan el maíz (86% en MS, 11,4% de PB), sorgo (87,6% en MS y 11% de PB), soya integral (90,8% en MS y 40,2% en PB) (CETABOL, 2006), glycine (26,6% en MS, 22,2% de PB), guandul (entre 31,8-35,2% de MS, y 20% de PB), lab lab (con 21% de MS y 17,1% de PB), sorgo forrajero (con 16,6% de MS, y 7% de PB) (Ota y

Sakaguchi, 2003). Se estima que en el departamento de Beni existían hasta los años 90, alrededor de 5 millones de cabezas de ganado bovino en 10 millones de hectáreas de sabanas naturales. Aunque la ganadería se ve afectada frecuentemente con rabia y aftosa, en 1980 las cabezas de ganado bovino alcanzaban 2.413.525 representando el 52,3% del total nacional y abasteciendo el 46,3% del consumo de carne (Ormachea, 1987). Asimismo, la existencia de cabezas de ganado bovino en tierras bajas, entre los años de 1999 a 2002 experimentó una positiva evolución con el predominio del departamento del Beni, seguido por el Departamento de Santa Cruz y Pando. Sin embargo, por las condiciones señaladas, hasta fines del 2004, aunque Beni continua teniendo la mayor población ganadera (44,18% hasta el 2004), se ha observado un crecimiento importante en los departamentos de Santa Cruz (con un crecimiento de 4,91% del 2002 al 2004) y el de Beni (del 2,62% del 2002 al 2004) (MDRAyMA-VDRA, 2006). El aumento de la población ganadera en Santa Cruz es continuo, básicamente debido al manejo del ganado que se da en esta región (Pattie y Merry, 1999).

Según el inventario de la década de 1990 a 2000 (MDS, 2003), el fenómeno de *El Niño*, es considerado un factor preponderante en la productividad ganadera debido a su relación con el desarrollo de los forrajes. En el 2004 ha tenido un comportamiento moderado (UDAPE, 2004), siendo el más afectado, producto de 7 horas de lluvia, Trinidad, San Javier y Loreto.

Emisiones de metano por fermentación entérica en el Altiplano Boliviano.

Las emisiones de CH₄ de este sector en esta región ha provenido en su mayoría de los ovinos con 38,57% (que ha representado 30,57 Gg CH₄), seguido de los bovinos con 25,30% (representando 20,06 Gg CH₄), llamas con 24,10% (representando 19,10 Gg CH₄), entre los más importantes. El conjunto de las emisiones de metano debidas a esta actividad ha totalizado 79,26 Gg de CH₄, similar a la obtenida en el inventario del 2000 y 2002 (75,85 y 75,60 Gg de CH₄, respectivamente). Las emisiones de metano por el ganado camélido ha

representado un 26,98% (21,39 Gg de CH₄) respecto del total emitido en el altiplano, valor ligeramente más alto que la encontrada en el inventario del 2002 (20,63 Gg de CH₄). Las emisiones de otros ganados (Cabras, Caballos, Mulas/asnos, Cerdos, Aves de corral) han representado un 9,15% (7,25 Gg de CH₄), respecto del total emitido en esta región. Este valor ha sido ligeramente bajo con respecto al encontrado en el inventario del 2002 (7,19 Gg de CH₄). Los Factores de Emisión (FE) utilizados para esta región, para bovinos, ha variado desde 53,99 (ganado lechero), 43,55 (ganado no lechero), 30,53 (ganado en crecimiento), a 56,03 Kg_{CH₄}/cabeza/año (bueyes). Para ovinos ha variado desde 7,82 (ovejas) a 1,20 Kg_{CH₄}/cabeza/año (crias). En camélidos el FE ha variado desde 11,46 a 3,83 Kg_{CH₄}/cabeza/año (llamas) y desde 10,15 a 7,00 Kg_{CH₄}/cabeza/año (alpacas) los mismos utilizados en los inventarios del 2000 y 2002 (MDS, 2003).

Emisiones de metano por fermentación entérica en los Valles Bolivianos.

Las emisiones más importantes en los valles debidas a la fermentación entérica han sido producidas por el ganado bovino con el 73,47% (56,62 Gg de CH₄), seguido de otros (Cabras, Caballos, Mulas/asnos, Cerdos, Aves de corral) con 19% (26,53 Gg de CH₄) relegando al ovino al tercer lugar con 6,34% (4,89 Gg de CH₄). El conjunto de emisiones de esta actividad ha resultado en 77,06 Gg de CH₄, valor ligeramente más alto que en las encontradas en el inventario del 2002 (71,96 Gg de CH₄).

Los Factores de Emisión (FE) utilizados para esta región, para bovinos, ha variado desde 59,97 (ganado lechero), 44,23 (ganado no lechero), 33,88 (joven), a 60,09 Kg_{CH₄}/cabeza/año (bueyes). Para ovinos ha variado desde 9,79 (ovejas) a 1,29 Kg_{CH₄}/cabeza/año (crias) (MDS, 2003).

Emisiones de metano por fermentación entérica en Trópico Boliviano.

Las emisiones más importantes en esta región debidas a esta actividad se han debido principalmente a las

observadas en el ganado bovino con 83,12% (299,80 Gg de CH₄), seguido de las emisiones realizadas por los ovino con 11,88% (42,85 Gg de CH₄) y otros (Cabras, Caballos, Mulas/asnos, Cerdos, Aves de Corral) con 5% (18,04 Gg de CH₄). El conjunto de emisiones de esta actividad ha dado a 360,69 Gg de CH₄, valor más alto al encontrado en el inventario del 2002 (315,08 Gg de CH₄).

Los Factores de Emisión (FE) utilizados para esta región, para bovinos, ha variado desde 76,64 (ganado lechero), 49,70 (ganado no lechero), 42,09 (joven), a 70,00 Kg_{CH₄}/cabeza/año (bueyes). Para ovinos ha variado desde 10,46 (ovejas) a 2,29 Kg_{CH₄}/cabeza/año (crias) (MDS, 2003).

Emisiones de metano debidas al sistema de manejo del estiércol

Emisiones de metano debidas al sistema de manejo del estiércol en el Altiplano Boliviano.

Las emisiones de CH₄ de esta actividad en esta región ha provenido en su mayoría del ganado Camélido-Llamas con el 35,94% (representando 0,44 Gg de CH₄), seguido de otros (Cabras, Caballos, Mulas/asnos, Cerdos, Aves de Corral) con el 35,27% (con 0,43 Gg de CH₄), seguido del ganado bovino que representa un 15,11% (con una emisión de 0,19 Gg de CH₄) y Ovinos que ha representado 10,36% (una emisión de 0,13 Gg de CH₄). El conjunto de las emisiones de metano debidas a esta actividad han totalizado 1,23 Gg de CH₄, 3,04% más a la obtenida en el inventario del 2002 (1,19 Gg de CH₄).

Las emisiones de metano por el ganado camélido en su conjunto ha representado un 39,27% (0,48 Gg de CH₄) respecto del total emitido en el altiplano, valor

ligeramente más alto que la encontrada en el inventario del 2002 (0,46 Gg de CH₄).

Emisiones de metano debidas al sistema de manejo del estiércol en los Valles Bolivianos.

Las emisiones más importantes en los valles debidas a esta actividad han sido producidas por otros (Cabras, Caballos, Mulas/asnos, Cerdos, Aves de Corral) con el 83,84% (4,43 Gg de CH₄) relegando al Bovino al segundo lugar con 16,15% (0,85 Gg de CH₄). El conjunto de emisiones de esta actividad ha dado 5,28 Gg de CH₄, 19,55% más con respecto a las encontradas en el inventario del 2002 (4,42 Gg de CH₄).

Emisiones de metano debidas al sistema de manejo del estiércol en el Trópico Boliviano.

Las emisiones más importantes en esta región debidas a esta actividad se han debido principalmente a las realizadas por el ganado bovino con el 55,14% (7,69 Gg de CH₄), seguido de otros (Cabras, Caballos, Mulas/asnos, Cerdos, Aves de Corral) con 39,29% (5,48 Gg de CH₄). El conjunto de emisiones de esta actividad ha dado a 13,95 Gg de CH₄, valor ligeramente más alto al encontrado en el inventario del 2002 (12,04 Gg de CH₄).

Emisiones de óxido nitroso debidas al sistema de manejo de estiércol.

Las emisiones más importantes en esta actividad se han debido a los realizados por el almacenamiento sólido con el 49,48% (0,0319 Gg de N₂O), seguido de otros con el 39,90% (0,0251 Gg de N₂O) y pasturas y potreros con 11,23% (0,0072 Gg de N₂O). El conjunto de emisiones de esta actividad ha dado a 0,0644 Gg de N₂O, valor ligeramente más alto al encontrado en el inventario del 2002 (0,0642 Gg de N₂O).

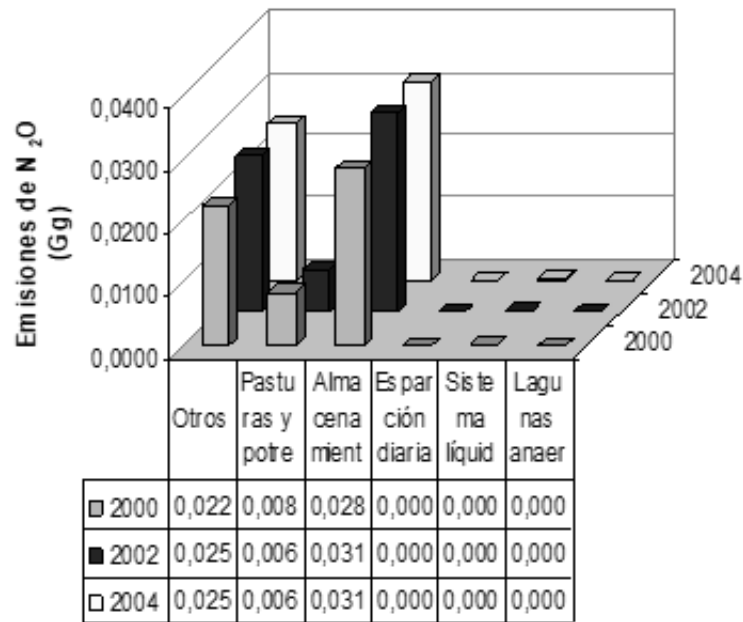


Figura 2. Emisiones de N₂O provenientes de los sistemas de manejo del estiércol (2000= Inventario de Gases de Efecto Invernadero –IGEI del 2000; 2002 y 2004 = IGEI de los años 2002 y 2004, respectivamente).

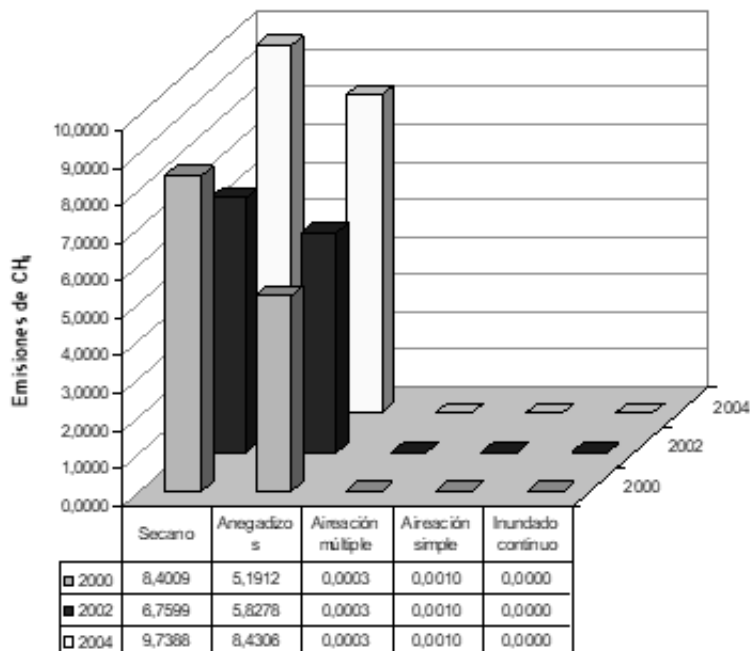


Figura 3. Emisiones de CH₄ provenientes del cultivo de arroz (2000= Inventario de Gases de Efecto Invernadero –IGEI del 2000; 2002 y 2004 = IGEI de los años 2002 y 2004, respectivamente)

Emisiones de metano debidas al cultivo del arroz.

El arroz es un cultivo de amplia tradición en Bolivia, que se ha establecido desde hace unos 45 años como parte de la agroindustria de procesamiento del arroz en chala y la colonización espontánea y dirigida de campesinos. La superficie promedio de los últimos 5 años fue de 145.410 hectáreas y la producción de arroz para ese mismo período alcanzó a 320.755 toneladas, sin embargo, en el 2002, debido a la crisis económica y al clima, la producción bajó de 310.134 tn en el 2000 a 202.005 tn en el 2002 (unos 53%) (UDAPE, 2004), afectando las importaciones bolivianas de arroz que registraron una caída del 33% en el período (1999-2003) (Fundación Exportar, 2004). El cultivo de arroz en Bolivia y principalmente en Santa Cruz posee una gran connotación socioeconómica y además histórica; social, porque es considerado como alimento esencial para el agricultor, económica, porque los productores de los diferentes estratos encuentran en la comercialización de este grano una oportunidad de mejorar su estado de liquidez monetaria durante una parte del año; histórica por la trascendencia socioeconómica que este ligada a todo el proceso histórico de reforma agraria y colonización dirigida y efectuada en nuestro país. Por otro lado, la región Norte de Santa Cruz (incluyendo parte de departamento de Beni) representa el 80% de la producción arrocería. Compuesta por colonizadores y empresarios desde los niveles mínimos de 0,5 hectáreas hasta las 2000 hectáreas que producen este cereal esencialmente para el mercado interno y auto consumo.

En el Norte de Santa Cruz se puede distinguir distintas áreas de producción de mayor importancia como ser las zonas de San Pedro – Hardeman, Yapacaní, y San Juan de Yapacaní, Antofagasta y Colonia Piraí. En su mayoría estas zonas están pobladas por agricultores pequeños (colonizadores) que siguen expandiendo la frontera agrícola bajo el método tradicional de chaqueo (rosa – tumba – quema) (JICA, 2003).

En las emisiones de CH₄, debidas al cultivo del arroz han predominado las emisiones de los sistemas de

cultivos de arroz en tierras bajas producidas a secano y dependientes de la lluvia (53,60% en relación al total emitido por esta actividad), con 9,74 Gg de CH₄. El conjunto de emisiones de metano debidas a esta actividad ha totalizado 18,17 Gg de CH₄, 44,34% más a la emitida en el inventario del 2002 (12,59 Gg de CH₄).

Emisiones provenientes de los suelos agrícolas.

Emisiones directas de óxido nitroso de los suelos agrícolas.

Las emisiones de óxido nitroso debidas al manejo de suelos agrícolas pueden tener orígenes bióticos (producción de óxido nitroso por las bacterias) y abióticos (formación durante el proceso de quema), siendo las primeras, las que contribuyen mayores proporciones hacia la atmósfera.

La producción de óxido nitroso proveniente de los suelos agrícolas resulta de procesos de nitrificación y de desnitrificación. La nitrificación es el proceso de oxidación aeróbico microbiano del amonio a nitrato, y la desnitrificación es el proceso de reducción aeróbico microbiano del nitrato a dinitrógeno. Las principales fuentes de este tipo de emisiones son el uso de los fertilizantes sintéticos, la utilización del estiércol de animal como abono para las tierras de cultivo, la fijación biológica de nitrógeno por cultivos leguminosos y la utilización de residuos de cultivos como una forma de fertilización de suelos.

La agricultura en Bolivia se desarrolla a través de dos sistemas, uno tradicional practicado en el altiplano y parte de los valles y otro moderno utilizado en la zona de los llanos. Con el sistema tradicional, la tierra es preparada a través de tracción animal. Bajo este sistema, existen agricultores de papa, cebada y productos similares. La agricultura moderna se caracteriza por la utilización de maquinaria especializada, fertilizantes y riego suplementario, siendo practicada en parte de la zona de los valles y en el oriente boliviano. Entre la inmensa variedad de productos agrícolas producidos en Bolivia se puede citar a: a) Cereales, (maíz, arroz, trigo,

cebada, quinua, avena, etc), b) tubérculos (yuca, batata y una gran variedad de papas), c) hortalizas y verduras (arveja, haba, ajo, cebolla, frijol, tomate, zanahoria, zapallos, acelgas, etc), d) productos estimulantes (cacao, café, coca, té), e) frutas (banano, piña, naranja, mandarina, pomelo, fresa, uva, manzana, chirimoya, palta, durazno, pera, etc), y f) granos oleaginosos (soya, girasol, maní).

Los resultados de la estimación de las emisiones directas de óxido nitroso debidas a las actividades en los suelos agrícolas se pueden observar en las Fig. 4 y 5. Las emisiones de N₂O debidas a las actividades agrícolas han provenido en su mayoría de la fijación biológica con 72,63% (que ha reflejado un aporte de 79.151.743,07 Kg N/año produciendo 0,99 Gg de N₂O), seguido de la utilización de los residuos de cultivos con 24,86%, (con un aporte de 27.088.291,41 Kg N/año produciendo una emisión de 0,34 Gg de N₂O) totalizando 1,33 Gg N₂O-N/año. El conjunto de emisiones de óxido nitroso debidas a esta actividad ha totalizado 1,36 Gg N₂O-N/año, valor alto a la obtenida en el anterior inventario del 2002 (1,21 Gg N₂O-N/año).

Emisiones indirectas de óxido nitroso de los suelos agrícolas.

Como resultado de la aplicación de fertilizantes y abonos orgánicos al suelo agrícola, se considera que ocurren los siguientes procesos:

- Volatilización y subsecuente deposición atmosférica en forma de NH₃ y NO_x,
- Pérdida de nitrógeno por efectos de lixiviación y escorrentía,
- Utilización de los residuos municipales tratados para abonamiento de campo de cultivos,
- Formación de N₂O en la atmósfera proveniente del NH₃,
- Procesamiento de alimentos.

Los procesos más importantes en la emisión indirecta de óxido nitroso son la deposición atmosférica de NH₃ y

NH₄, la lixiviación y las emitidas en tierras de pastura y potreros.

Las actividades más importantes en la emisión de N₂O han sido debidas a la lixiviación (2,20 Gg de N₂O, es decir, 50,48% respecto del total de emisiones de este subsector). El conjunto de emisiones de N₂O debidas a estas fuentes ha totalizado 4,35 Gg de N₂O, valor alto a la obtenida en el inventario del 2002 (3,89 Gg de N₂O).

Emisiones provenientes de la quema prescrita de sabanas.

Para efectos del inventario de Gases de Efecto Invernadero en este sector, las sabanas son las formaciones vegetacionales tropicales y subtropicales con predominante cubierta de pastos, ocasionalmente interrumpida con árboles o arbustos. En las actividades agrícolas, la quema de sabanas es intencional durante la estación seca para avivar el crecimiento vegetal o remover las malas hierbas o algunas enfermedades y plagas, promoviendo el ciclo de nutrientes y el crecimiento de nueva vegetación y en consecuencia, del pastoreo del ganado. En esta actividad, se asume que el resultado inmediato de la quema es la inmediata emisión bruta de CO₂, que se re-absorbe en la vegetación que vuelve a rebrotar entre ciclos de quema, lo que indicaría una emisión neta de CO₂ igual a cero. Por lo tanto, las emisiones más importantes debidas a esta actividad son las de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno.

La mayor actividad de fuego en nuestro territorio producida el año 2004 ha sido en el oriente boliviano, que ha totalizado 50.464 focos de calor, todas identificadas en tierras de praderas, que en superficie ha representado 6.106.144,00 Ha aproximadamente que ha contenido 2.622.433,00 Ha de pastizales aproximadamente representando un incremento importante de más del 400% con relación al 2002 (518.068,28 Ha aproximadamente) (Superintendencia Agraria, 2006).

Los resultados de la estimación de las emisiones debidas a esta actividad en el sector agrícola del territorio

boliviano se pueden observar en la Fig. 6. Las emisiones han representado 0,40 Gg de N₂O, 14,42 Gg de NO_x, 32,24 Gg de CH₄ y 846,38 Gg de CO. Las emisiones más importantes en este sector se han localizado en el departamento de Santa Cruz con el 63,57% (1.667.080,66 Ha) respecto del total de superficie con

focos de calor localizados en el país. En segundo lugar, Beni ha tenido una presencia del 32,38%, y La Paz con el 1,74% de quemas realizadas en las sabanas en el país en este año de inventario.

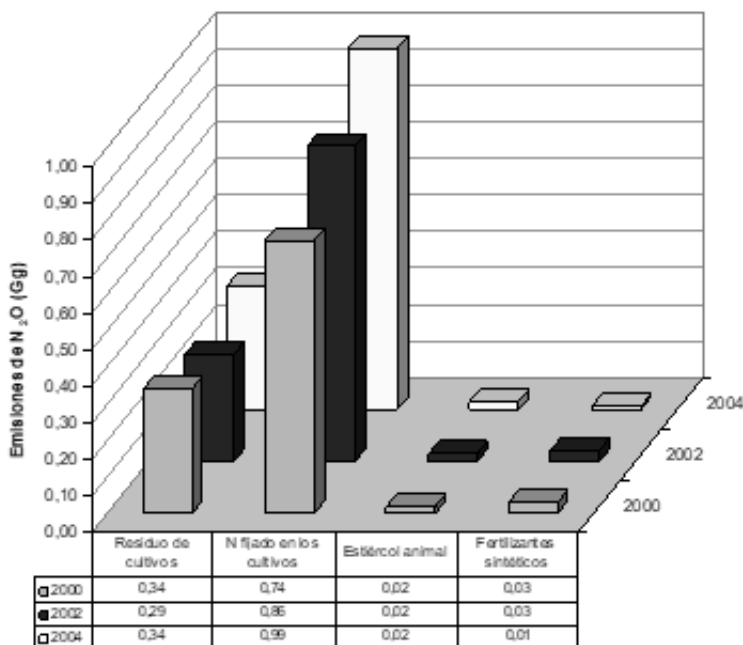


Figura 4. Emisiones directas de N₂O provenientes de los suelos agrícolas (2000= Inventario de Gases de Efecto Invernadero –IGEI del 2000; 2002 y 2004 = IGEI de los años 2002 y 2004, respectivamente).

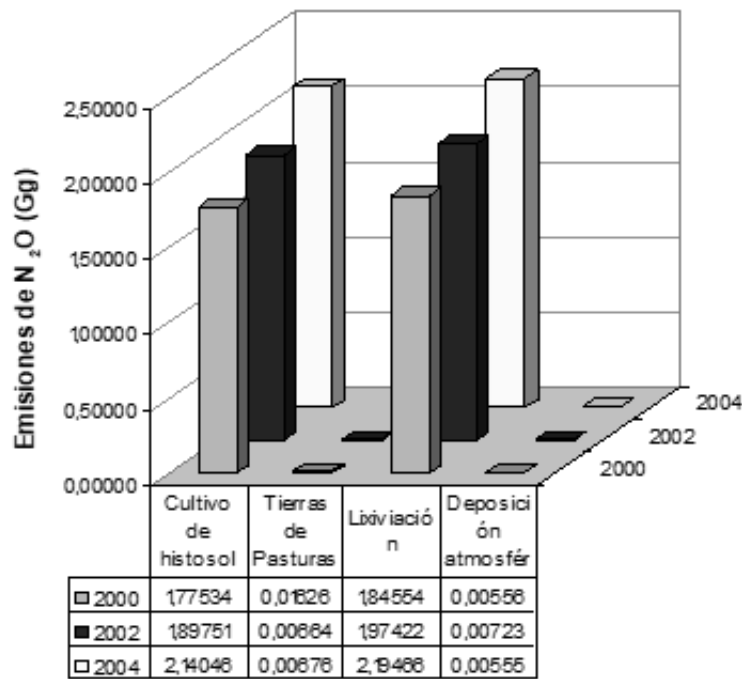


Figura 5. Emisiones indirectas de N₂O provenientes de los suelos agrícolas (2000= Inventario de Gases de Efecto Invernadero –IGEI del 2000; 2002 y 2004 = IGEI de los años 2002 y 2004, respectivamente).

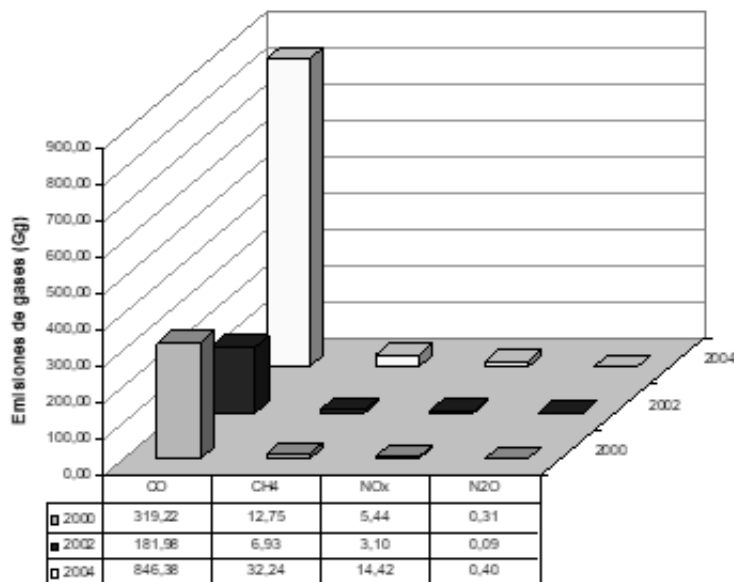


Figura 6. Emisiones de gases provenientes de la quema prescrita de sabanas (2000= Inventario de Gases de Efecto Invernadero –IGEI del 2000; 2002 y 2004 = IGEI de los años 2002 y 2004, respectivamente).

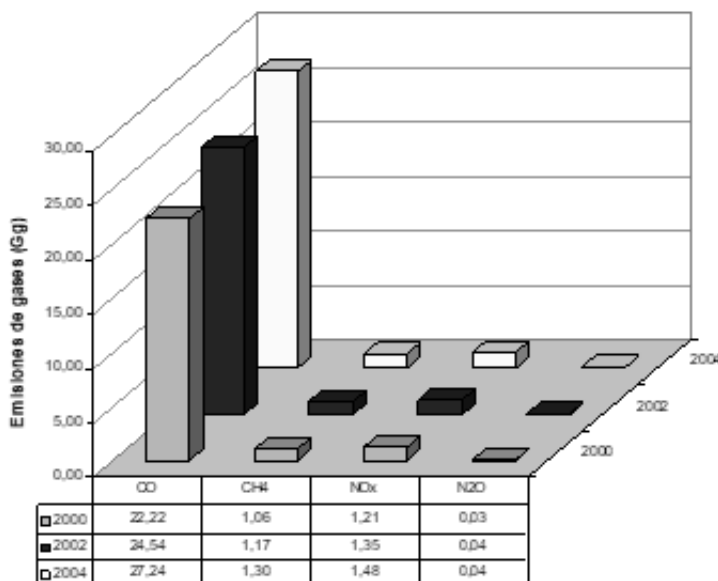


Figura 7. Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la quema en campo de residuos agrícolas (2000= Inventario de Gases de Efecto Invernadero –IGEI del 2000; 2002 y 2004 = IGEI de los años 2002 y 2004, respectivamente).

Emisiones provenientes de la quema de residuos agrícolas.

Las emisiones de gases de efecto invernadero debidas a la quema en campo de residuos de los cultivos agrícolas consideran los siguientes aspectos: a) Cantidad de cultivos que han producido una cantidad de residuos que comúnmente se quema en el periodo, b) Índice residuo o cultivo, c) Fracción de residuo quemada, d) contenido de materia seca en los residuos, e) fracción oxidada en la quema, y f) contenido de carbono en el residuo.

Así como en las sabanas, la quema de residuos no es tomada en cuenta para emisiones de CO₂, sino de CH₄, CO, NO_x, N₂O. En Bolivia, se han tomado en cuenta los siguientes cultivos principales en los cuales se han verificado la presencia de quemas como parte de las actividades agrícolas, sobre todo para eliminar los focos de plagas y enfermedades, y son: la caña de azúcar, maíz en grano, maíz choclero, trigo, arroz, y arveja. La cantidad de quema en el año 2004 se ha estimado en 423,42 Gg_{ms}, siendo el mayor contribuyente a este, el

arroz, con 157,06 Gg_{ms}, aunque en la producción anual, la caña de azúcar haya tenido mayores volúmenes, lo mismo que en el año 2002.

Las emisiones provenientes de la quema de residuos agrícolas han representado 0,04 Gg de N₂O, 1,48 Gg de NO_x, 1,30 Gg de CH₄ y 27,24 Gg de CO (Fig. 7). El cultivo que mayor liberación de nitrógeno ha tenido ha sido la caña de azúcar (1,53 Gg N) y la que menos ha liberado ha sido el maíz choclo (0,01 Gg N). Como resultado, se ha tenido una liberación de un total de 3,73 Gg N del total de cultivos identificados en esta actividad.

Resumen general de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero del sector agrícola por categorías de fuente

La tabla 1 muestra el resumen de las emisiones del sector agrícola en el país. Se observa que las emisiones han incrementado respecto de 1990 en ambos años, el 2002 y 2004.

Tabla 1. Resumen general de emisiones de CH₄, N₂O, CO y NO_x del sector agrícola (Gg).

Sector	GEI	1990	1994	1998	2000	2002	2004
		Gg CO ₂ eq.	Gg CO ₂ eq.	Gg CO ₂ eq.	Gg CO ₂ eq.	Gg CO ₂ eq.	Gg CO ₂ eq.
Agricultura	CH ₄	9.132,64	10.158,19	11.191,99	11.876,65	11.475,48	13.663,69
	N ₂ O	399,97	636,54	617,52	664,94	1.544,33	1.820,82
	Subtotal	9.532,61	10.794,73	11.809,51	12.541,59	13.019,81	15.484,51

Fuente: Elaboración propia y en base a MDS (2003).

CONCLUSIONES

De lo expuesto se puede concluir que:

El sector agrícola (que incluye las actividades agrícolas y pecuarias) emite es responsable de emitir un total de 14.062,76 Gg de CO₂-eq año⁻¹, el cual es un 16,48% respecto del total de emisiones en Bolivia.

Los dos principales gases con efecto invernadero emitidos en el sector agrícola Boliviano son el CH₄ y el N₂O.

La principal fuente de metano es la fermentación entérica del ganado bovino.

Las principales fuentes de N₂O son los sistemas de manejo del estiércol y el uso de fertilizantes nitrogenados.

Las quemas de rastrojos son el origen de las emisiones de CO y del COVNM.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen y agradecen el importante apoyo del Programa Nacional de Cambio Climático y el financiamiento proporcionado por el Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés) a través de la administración del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sin cuya participación hubiese sido imposible contribuir con este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

Amthor, J. S. 1998. Perspective on the relative insignificance of increasing atmospheric CO₂ concentration to crop yield. *Field Crop Research* 58: 109-127.

Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia (CETABOL). 2006. Manual de manejo para engorde de ganado bovino. CETABOL. 17 pag.

Ciesla, W. M. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. FAO. Estudio FAO Montes 126. Roma, Italia. 146 p.

Domínguez, M. 2006. Química: la ciencia básica. Thomson-Paraninfo. Madrid, 2006.

Fundación Exportar. 2004. Plan de promoción sectorial: análisis estratégico 2004: sector arrocerero. 228 pag.

Gates, D. M. 1965. Energy exchange in the biosphere. New York., USA. Harper & Row, 151 p.

Hoben JP, Gehl RJ, Millar N, Grace PR, Robertson GP. 2011. Nonlinear nitrous oxide (N₂O) response to nitrogen fertilizer in on-farm corn crops of the US Midwest. *Global Change Biology*, 17, 1140–1152.

IPCC. 1996. Intergovernmental panel for climatic change. Climate Change 1995. The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel for Climate Change. Houghton, J.T.(Ed.). Cambridge, United Kingdom. Cambridge University Press. 572 p.

IPCC/OECD. 1996. Intergovernmental Panel For Climatic Change/ Organization For Economical Country Development. Paris, Francia. Manual de Referencia. USA. Volumen I. 410 p.

IPCC/OECD. 1996. Intergovernmental panel for climatic change/ organization for economical country development. Paris, Francia. Manual de Trabajo. Volumen II. 190 p. Volumen III. 75 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. OECD, Paris [J. Penman, D. Kruger, I. Galbally, T. Hiraishi, B. Nyenzi, S. Emmanul, L. Buendia, R. Hoppaus, T. Martinsen, J. Meijer, K. Miwa, and K. Tanabe, eds. (Japan: Institute for Global Environmental Strategies)].

JICA. 2003. Estudio de la cadena de comercialización del Arroz. Agencia de Cooperación internacional del Japón, Comité Integrador de Organizaciones Económicas Campesinas de Bolivia. 120 pag.

Ma BL, Wu TY, Tremblay N et al. 2010. Nitrous oxide fluxes from corn fields: onfarm assessment of the

- amount and timing of nitrogen fertilizer. *Global Change Biology*, 16, 156–170.
- McMichael A, Githeko A, Akhta R, Carcavallo R, et al. Human Health. En: Mc Carthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS, eds. *Climate Change*. 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press; 2001. Págs.451-85.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA). 2004. Estudio de identificación, mapeo y análisis competitivo de la cadena productiva del trigo. Ingeniería de Proyectos y Desarrollo Económico Social (INPRODES s.r.l.). 174 pag.
- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA)- Unidad de Coordinación del Programa de Servicios Agropecuarios (UCPSA). 2004. Estudio de Identificación, Mapeo y Análisis Competitivo de la Cadena del Arroz y Derivados. Fundación Trópico Húmedo, Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. 57 pag.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible, Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Programa Nacional de Cambios Climáticos (MDS-VRNMA-PNCC). 2003. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia para la Década 1990-2000 y su Análisis Tendencial. 218 pag.
- Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente (MDRAyMA) – Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario (VDRA). 2006. Estadísticas Pecuarias 1995 – 2005. Documento trabajo del MDRAyMA-VDEA. La Paz. 70 pag.
- Ormachea, E. 1987. Beni y Pando: Latifundio y minifundio en el norte boliviano. Talleres, No.3. La Paz: CEDLA.
- Ota, T., y Sakaguchi, I. 2003. Estudio de la técnica de asociación de leguminosas con sorgo forrajero en un terreno pesado. Artículos de Investigación: Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia No. 2, 2003: 37-39.
- Patterson, D. 1993. Did Tibet cool the world? *New Scientist* 139:29-33.
- Pattie, P., y Merry, F. 1999. Bosques vs. Ganado: Una evaluación económica de las alternativas para los propietarios de tierras en los llanos bolivianos. Documento Técnico 74/1999. BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra.
- Pearce, F. 1994. Forest destined to end in the mire. *New Scientist* 143:37-41.
- PRODISA–UAGRM. 2002. Diagnostico cadena de valor de la leche en Santa Cruz Bolivia. UAGRM. Santa Cruz, 2002. 169 pag.
- Reilly, J. 1995. Climate change and global agriculture: recent findings and issues. *Amer. J. Agr. Econ.* 77: 727-733.
- Reilly, J., W.E. Baethgen, F.E. Chege, S.C. van de Geijn, Lin Erda, A. Iglesias, G.Kenny, D.Patterson, J. Rogasik, R. Ritter, C. Rosenzweig, W. Sombroek and J. Westbrook. 1996. Agriculture in a changing climate: impacts and adaptation, IN: *Changing Climate: Impacts and Response Strategies*, Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Sarimento, J.L. 1993. Atmospheric CO2 stalled. *Nature* 365 : 697-698.
- Smith P, Martino D, Cai Z. 2007. Agriculture. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA), pp. 497–540. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Superintendencia Agraria (SIA). 2006. Resultados de regulación de los 10 años del proceso agrario: 1996 – 2006. 24 pag.

Variación de la fracción orgánica por agriculturización en Alfisoles subtropicales de Argentina

Variations of the organic fraction per agriculturalization in subtropical Alfisols of Argentina

Baridon, E.^{1*} Pellegrini, A.¹ Lanfranco, J.¹ Cattani, V.¹

¹ Departamento de Ambiente y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata

*Autor para correspondencia, e-mail: jbaridon@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN

La intervención en el ecosistema mediante un marcado contraste de uso, podría manifestar fuertes impactos sobre el suelo, afectando su calidad. El objetivo del trabajo fue analizar variaciones de la fracción orgánica del suelo, luego del desmonte y 10 años de agriculturización continua en Alfisoles del centro oeste de Formosa, Argentina. Se trabajó sobre: Hapludalf Típico asociado a microlomas y Natrudalf Típico a microdepresiones. De cada suelo y situación de uso se tomaron 15 muestras superficiales. Se evaluó Carbono oxidable (CO); Carbono liviano (Cl) y Nitrógeno total (Nt). En las condiciones originales, el Natrudalf presentó mayor contenido de CO. La agriculturización condujo a la disminución del 45,5% del CO en el Hapludalf, y 57,55% en el Natrudalf. El CO se comportó como un indicador efectivo para valorar el proceso en forma temprana. El Cl disminuyó 57,66% en el Hapludalf y 85,79% en el Natrudalf. La reducción de 38,43% del Nt en el Hapludalf y de 48,28% en el Natrudalf puso de manifiesto la variación en la dinámica de la reserva de nitrógeno edáfico ante la diferencia de uso. Transcurridos 10 años del proceso de agriculturización, las pérdidas de CO, Cl y Nt han sido mayores en el Natrudalf.

Palabras clave: agricultura, carbono liviano, carbono oxidable, deforestación, nitrógeno total

ABSTRACT

The intervention in the ecosystem by means of a marked contrast of use can bring about strong impacts on the soil, affecting his quality. The aim of this work was to analyze the variations in the organic fractions of the soil, then of deforestation and a 10-year period of uninterrupted agriculture activities carried out on Alfisols in the west center of Formosa, Argentina. Areas of study: Typic Hapludalf associated to small hillocks and Typic Natrudalf to small depressions. In each soil and situation of use, 15 superficial samples were taken. (OC) Oxidable carbon; light carbon (LC) and total nitrogen (TN) were studied. In the original conditions, Natrudalf soil presented a higher level of OC. The uninterrupted period of agricultural activities performed resulted in a decrease of 45,5% of oxidable carbon in the Hapludalf soil and 57,55% in the Natrudalf soil. OC served as an effective indicator to value the process in advanced. The LC was reduced by 57,66% in the Hapludalf soil and 85,79% in the Natrudalf soil. The reduction of 38,43% of the TN in the Hapludalf and of 48,28% in the Natrudalf revealed the difference in the dynamics of the nitrogen reserve of the soil due to a difference in use. After a 10-year period of agriculture activities, the loss of OC, LC and TN has been greater in Natrudalf.

Key words: agriculture, light carbon, oxidable carbon, deforestation, total nitrogen.

INTRODUCCIÓN

El proceso de agriculturización en la Argentina ha avanzado a regiones marginales con diferentes niveles de impacto sobre los recursos naturales, particularmente sobre los suelos (SAGyP 1995). Así por ejemplo, Paruelo et al., (2005) señalaron que en el año 2003 en el Nordeste de la provincia de Salta, 157.000 ha se hallaban sembradas con soja, mientras que en el año 1989 poseían vegetación natural, El 89 % de esta superficie correspondía a bosques xerófitos de quebracho (*Schinopsis spp*) y palo santo (*Bulnesia sarmientoi*).

En la Provincia de Formosa, la habilitación de nuevas tierras con fines agrícola y/o ganadero, a través del desmonte, es una práctica frecuente. La Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF, 2007), en el monitoreo de bosque nativo para el período 2002-2006, señaló que la superficie agrícola, ganadera y frutícola había aumentado 30.296 ha, con una tasa anual de deforestación de 0,25%.

Cuando la intervención realizada en el ecosistema natural implica un marcado contraste de uso en relación a la situación inicial, con objeto de mejorar la productividad, cabe esperar la manifestación de fuertes impactos sobre el recurso suelo, que pueden hacer peligrar la salud del mismo. Difícilmente se logra disponer de la totalidad del conocimiento sobre el sistema preintervenido para evaluar los efectos inducidos. Una solución posible resultaría de la evaluación del impacto de uso, medido sobre unidades experimentales, que permitirían extrapolar resultados a potenciales áreas agrícolas. Al momento de realizar esta evaluación se planteó como interrogante que variables seleccionar como indicadores del impacto de uso sobre el suelo.

Los parámetros utilizados estuvieron mayormente centrados en la dinámica de la materia orgánica (MO), componente crucial en la sostenibilidad de los ecosistemas considerados (Doran y Perkin, 1996; Stevenson y Cole, 1999) entre los cuales se seleccionó el Carbono oxidable (CO) y el Nitrógeno total (Nt). Los

métodos de fraccionamiento densimétrico de la MO asumen que se compone de formas livianas de carbono (Cl) y otra fracción asociada a compuestos de carbono con mayor peso molecular. Las mismas se diferencian tanto en estructura como en función (Meijboom et al., 1995; Stevenson y Cole, op. cit.). Las fracciones livianas, dan indicios tempranos sobre el efecto de diferentes manejos del suelo (Casanovas et al., 1995; Zagal et al., 2002) y constituyen una fuente de disponibilidad de nutrientes (Stevenson y Cole, op. cit.).

En la dinámica de la materia orgánica, la fracción liviana posibilitaría identificar el cambio de uso del suelo, debido a la modificación de su cobertura, especie y exploración radical (Galantini et al., 2002).

El objetivo del presente trabajo fue analizar variaciones en la fracción orgánica del suelo, luego de un proceso de desmonte y 10 años de agriculturización continua en el Centro Oeste de Formosa.

MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Centro de Validación de Tecnologías de Laguna Yema (24°16'37" S y 61°14' O) de la Provincia de Formosa, emplazado en la región Fitogeográfica "Dominio Chaqueño", con vegetación natural dominante de bosques xerófitos: quebracho colorado, (*Schinopsis balansae*); quebracho blanco, (*Aspidosperma quebracho-blanco*); palo santo, (*Bulnesia sarmientoi*) y algarrobo negro (*Prosopis nigra*). Con un piso bajo de vegetación herbácea rala, principalmente de *Cynodon sp*.

En zonas deprimidas, el tapiz herbáceo es más denso y continuo, formado por *Cynodon gigantus*, *Cyperus validus*, *Typha latifolia*, *Eriochloa punctata*; siendo la especie dominante el espartillo, (*Elionorus muticus*). De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite (1948), el clima se caracteriza como tipo DA'da', clima semiárido, megatermal, con temperatura media anual de 23 °C, nulo o muy poco exceso de agua.

La geomorfología se corresponde a la llanura aluvial del Chaco Paranaense, originada en los derrames de los ríos Bermejo y Pilcomayo, con un marcado microrelieve

de microlomadas y microdepressiones orientados en una pendiente muy poco apreciable (menor 0,5%). Los materiales aportados fueron predominantemente limosos. En la zona de estudio, los suelos de mayor expresión areal son Alfisoles, con diferente grado de afectación sódica.

Se trabajó sobre dos suelos: Hapludalf Típico asociado a las microlomadas y Natrudalf Típico a las microdepressiones (NRCS, 2006), en una superficie aproximada de 190 ha. Se consideraron dos situaciones de uso: bosque nativo y agricultura con 10 años de modificaciones antrópicas por cultivos de girasol, maíz, algodón y soja. Las principales alteraciones realizadas por el proceso cultural fueron: erradicación de la cobertura vegetal, sistematización de la superficie, implantación de cultivos, riego, fertilización y control de plagas. El uso bosque nativo, considerado como situación testigo, consistió en el bosque xerófito antes descrito con pastoreo caprino de baja intensidad (una cabra cada dos hectáreas). El uso agrícola comprendió una secuencia de cultivo básica, anual, de algodón (*Gossypium spp*) - soja (*Glycine max*); bajo riego por aspersión o pivó central, según los lotes. Se realizaron dos rotaciones con la secuencia girasol (*Helianthus annuus*) - soja y durante uno de los años se realizó un único cultivo de maíz (*Zea mays*) con la incorporación del rastrojo al suelo mediante rastra de disco. Durante todo el período se realizaron labranzas convencionales con rastra de discos, no se incorporaron abonos orgánicos y los fertilizantes utilizados fueron urea y fosfato diamónico.

Se analizaron 60 muestras de suelo extraídas de 0 a 15 cm de profundidad. El muestreo se realizó según un diseño aleatorio estratificado, donde los estratos

estuvieron representados por los suelos y la condición de uso. En cada suelo y tipo de uso se tomaron 15 muestras al azar. Las muestras obtenidas fueron secadas al aire y tamizadas. Se determinó: Carbono oxidable (CO) por el método de Walkey-Black; Carbono liviano (Cl) por separación densimétrica con bromoformo-alcohol y posterior determinación similar a CO, (Richter et al., 1975) y Nitrógeno total (Nt) por el método de Kjeldahl.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y test de comparación de medias de Tuckey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la misma condición de vegetación natural, bosque xerófito, los valores medios de CO presentaron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los dos suelos evaluados (Figura 1).

Estas diferencias podrían fundarse en que bajo las condiciones originales, el Natrudalf ubicado en las microdepressiones presentaría una acumulación y enriquecimiento de restos orgánicos provenientes de las microlomadas. En forma análoga Heredia et al., (2006) encontraron en el norte de Santa Fe que un Natracualf de zonas bajas acumulaba mayor contenido de CO que los suelos aledaños no sódicos.

Luego del desmonte y 10 años de uso agrícola en ambas situaciones, los valores disminuyeron significativamente y se equipararon en las medias. Los datos de CO del horizonte superficial mostraron una menor dispersión, en el Hapludalf Típico, para ambos usos, lo cual se manifestó en los desvíos estándar (σ), Figura 1.

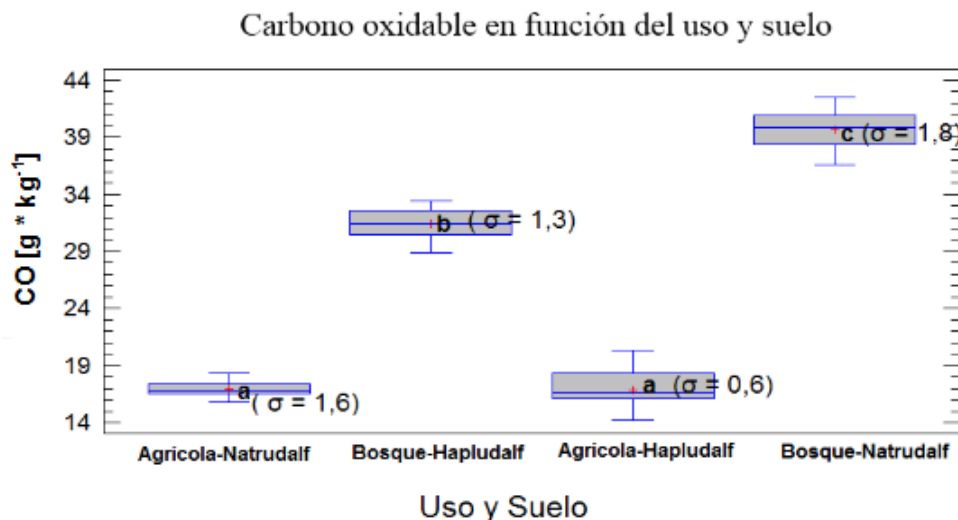


Figura 1. Contenido de carbono oxidable en función del uso y suelo. Letras distintas señalan diferencias significativas ($P < 0.01$), σ = desvío estándar.

La disminución del CO bajo el proceso de agriculturización, fue para el Hapludalf, 45,5% y para el Natrudalf 57,55%, siguiendo una tendencia coincidente con los resultados de desmontes y uso agrícola reportados por distintos autores bajo otras condiciones climáticas. Cosentino et al., (2007), trabajando sobre Argiudoles Vérticos, del Departamento Paraná, provincia de Entre Ríos, encontraron una disminución de 26% en el CO luego de 40 años del desmonte con uso agrícola. En forma similar, en el Norte de Entre Ríos, Casermeiro, et al., (2001), compararon el contenido de materia orgánica en suelos similares con vegetación de bosque y un renoval a 28 años del desmonte inicial y hallaron valores mayores en el suelo con sistema boscoso original. Cabe señalar que Cosentino et al., (op. cit.) y Casermeiro et al., (op. cit.), trabajaron en climas subhúmedos-húmedos de

temperatura media anual 18 °C a 20 °C. La mayor y más rápida pérdida en el contenido del CO, en los suelos evaluados en este trabajo se asociaría a las variables climáticas, relacionadas con la diferencia de temperatura media anual superior para el lugar ensayado (Papadakis, 1982; Imbellone et al., 2010).

En la Figura 2 se observa un cambio diferencial en los contenidos de C en función del uso para cada uno de los suelos estudiados. En la situación de bosque nativo el contenido medio de C presentó diferencias significativas entre ambos suelos, resultando mayor en el Natrudalf. El cambio de uso condujo la disminución del C en forma significativa para las dos situaciones, las que no difirieron estadísticamente entre las mismas.

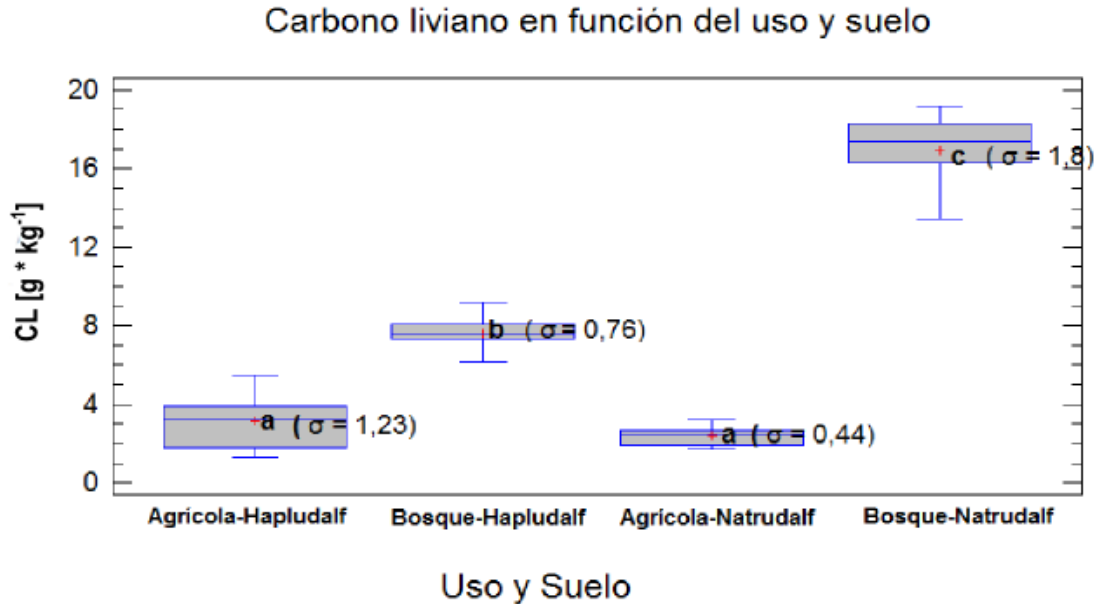


Figura 2. Contenido de carbono liviano en función del uso y suelo. Letras distintas señalan diferencias significativas ($P < 0.01$), σ = desvío estándar.

Flieb Bach y Mader, 2000; Haynes, 2000, señalaron al Cl como un indicador más sensible de los efectos de las prácticas agronómicas que el contenido de CO. Coincidentemente Cosentino et al. (op. cit.), encontraron en el pool de Cl un mayor impacto derivado de la deforestación y el cultivo.

En el Hapludalf la agriculturización condujo a una disminución de 57,66% del Cl, mientras que en el Natrudalf, este disminuyó 85.79%.

No obstante ello para las condiciones particulares del lugar estudiado el CO se comportó como un indicador suficientemente efectivo para valorar el proceso en forma temprana, no considerado así por otros autores (Giuffré et al., 2008).

Respecto al Nitrógeno de los suelos estudiados, bajo condición de monte, tanto en Hapludalf como en Natrudalf, los valores medios de nitrógeno total (Figura 3) no difirieron en forma significativa. Luego de 10 años de agricultura, disminuyeron y se equipararon, siguiendo la misma tendencia que los otros parámetros estudiados.

La reducción del 38,43% del Nt en el Hapludalf y de 48,28% en el Natrudalf ponen de manifiesto la variación en la dinámica de la reserva de nitrógeno edáfico ante la diferencia de uso, más allá del tipo de suelo. Su sensibilidad como indicador de la variación de uso adquiere validez en relación al tiempo transcurrido, en coincidencia con Dalurzo et al., (2005) quienes trabajaron en clima húmedo.

La desaparición de diferencias significativas en los contenidos de CO, CL y Nt, entre los suelos evaluados (Figuras 1, 2 y 3), luego de 10 años de agricultura se asocia directamente al emparejamiento y mezcla de materiales del horizonte superficial producido por la maquinaria durante el desmonte. La utilización de un sistema de labranza convencional, con una constante

remoción del suelo y la ausencia de rotaciones adecuadas que incorporen materia orgánica al suelo, han contribuido al proceso y favorecido la mineralización del carbono oxidable (Figura 1) y en mayor medida del carbono liviano (Figura 2).

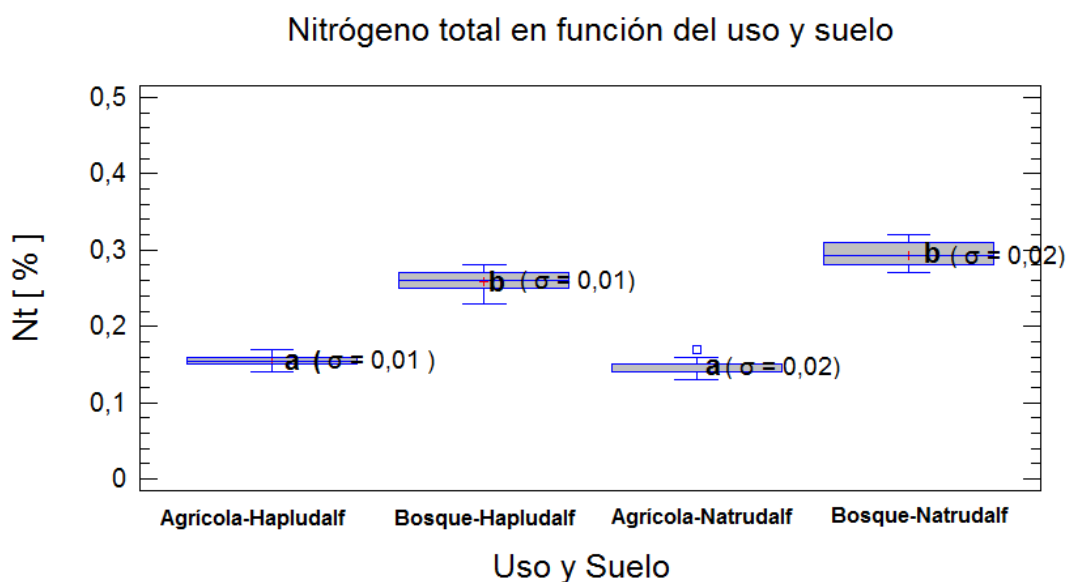


Figura 3. Contenido de nitrógeno total en función del uso y suelo. Letras distintas señalan diferencias significativas ($p < 0.01$), σ = desvío estándar

CONCLUSIONES

Los indicadores edáficos relacionados con la dinámica de la materia orgánica fueron suficientemente sensibles a los cambios de uso.

Los cambios evaluados en la fracción orgánica del Hapludalf y Natrudalf, luego de 10 años de agricultura, evidencian un impacto negativo en la salud edáfica.

El Natrudalf, resultó más susceptible al proceso de agriculturización.

Los cambios producidos en la fracción orgánica del suelo podrían estar afectando a la fertilidad física del mismo, en particular a la estabilidad estructural y al sistema poroso por lo cual se debería avanzar en el análisis de estos parámetros.

BIBLIOGRAFIA

- Casanovas, E; H Echeverría y G Studdert. 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivos. Contenido total y de distintas fracciones. *Ciencia del Suelo* 13: 16-20.
- Casermeiro, J., De Petre, A. A., Spahn, E., Valenti, R. 2001. Efectos del desmonte sobre la vegetación y el suelo. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* Vol. 10 (2): 233-244.
- Cosentino, D.J., M. Conti y L. Giuffré. 2007. Forty years of soil degradation in Vertic Argiudolls in Entre Ríos Province, Argentina. *Ciencia del Suelo* 25(2):133-138.
- Dalurzo Humberto C; Diana M Toledo y Sara Vázquez. 2005. Estimación de parámetros químicos y biológicos en Oxisoles con uso cítrico. Argentina. *Ciencia del Suelo*. 23 (2) 159-165.
- Doran, J. W. and Parkin, T. B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. p. 25-37. In Doran, J. W. y Jones A. J. (ed.) *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publication N° 49 (401). Wisconsin.
- Fliebach, A. y P. Mäder. 2000. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biol. Biochem.* 32:757-768.
- Galantini, J.A, Rosell R.A, Brunetti, G, Senesi, N. 2002. Dinámica y Calidad de las Fracciones Orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. *Ciencia del Suelo* 20 (1) 17:26.
- Giuffré, L., S. Ratto y R. Romaniuk. 2008. Indicadores Ambientales. En : *Agrosistemas : Impacto Ambiental y Sustentabilidad*. Lidia Giffre, Editora. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, 1-17pp.
- Haynes, R. J. 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biol. Biochem.* 32:211-219.
- Heredia, Olga Susana; Lidia, Giuffré; Florentino, Javier Gorleri & Marta Elvira Conti. Calidad de los suelos del norte de Santa Fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. *Ci. Suelo (Argentina)* 24 (2) 109-114, 2006.
- Imbellone, P. A; J.E. Gimenez; J.L. Panigatti. 2010. Suelos de la Región Pampeana. Procesos de Formación. Ediciones INTA. Buenos Aires. Argentina. 288 pp.
- NRCS (Servicio de Conservación de Recursos Naturales). 2006. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Claves para la Taxonomía de Suelos Décima Edición. 331 pp.
- Papadakis, J. 1982. *El suelo*. Editorial Albatros. Buenos Aires. Argentina. 346 pp.
- Paruelo, J.M., J.P. Guerschman y S.R. Veron. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy*, Buenos Aires. 15 (87):14-23.
- Richter, M., I. Mizuno, S. Aranguez and S. Uriarte. 1975. Densimetric fractionation of soil organomineral complexes. *J. Soil Sci* 26:112-123

Plagas insectiles en áreas de intensificación de quinua en Puno

Insect pests in areas of intensification of Quinoa in Puno

Campos, E.^{1*} Bravo, R.¹ Valdivia, R.² Soto, J.²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, UNA-Puno

² Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente

*Autor para correspondencia, e-mail: elva1427@hotmail.com

RESUMEN

En Puno-Perú, es evidente la ampliación de áreas de producción de quinua, con la consiguiente intensificación del cultivo, con tendencia al monocultivo; por tal razón, se plantea la necesidad de determinar si las poblaciones de plagas insectiles se incrementan y causan mayores pérdidas económicas en parcelas, donde se repite el cultivo de quinua en varias campañas. Este trabajo se realizó en las zonas de Cabana (3901 msnm), Cabanilla - Cabanillas (3876-3885 msnm) y Vilque - Mañazo (3860-3920 msnm), ubicadas geográficamente en las provincias de San Román, Lampa y Puno respectivamente, durante la campaña agrícola 2010-2011. Las evaluaciones se realizaron en 27 parcelas, nueve en cada zona, con sistemas de rotación Tradicional (T), Intensificado (IQ1) y altamente Intensificado (IQ2). Los resultados muestran que en las tres zonas evaluadas las mayores poblaciones corresponden a "Kcona kcona" *Eurysacca quinoae* Povolny (Lepidoptera - Gelechiidae) considerada como plaga clave y directa; otras especies fitófagas (plagas ocasionales) y controladores biológicos (predadores), se registraron en poblaciones muy bajas. En los sistemas de rotación tradicional de las zonas evaluadas, se observa que la densidad poblacional de la plaga clave es menor comparativamente con los otros dos sistemas, intensificado IQ1 y altamente intensificado IQ2 en estos dos últimos sistemas de rotación las poblaciones de "Kcona-kcona", sobrepasan el umbral de año económico, que para la región está determinado en seis larvas/planta, llegando en los picos más altos hasta 23 larvas/planta, en los períodos críticos del desarrollo de las plantas. Las pérdidas económicas, por causa de la plaga, resultan ser menores en parcelas con rotación tradicional (US\$ 408), en parcelas medianamente intensificadas IQ1, la pérdida en promedio es US\$ 880 mientras que en parcelas altamente intensificadas IQ2 la pérdida económica es en promedio de US\$ 1348/ha. Concluyendo que son evidentes las mayores pérdidas económicas en parcelas con mayor grado de intensificación, con tendencia hacia el monocultivo.

Palabras clave: quinua, sistemas de rotación, plaga clave, *Eurysacca quinoae*, plaga secundaria

ABSTRACT

In Puno-Peru, there is clearly an expansion of quinoa production areas with a resulting intensification of cultivation, and a tendency towards monoculture. For this reason the need has arisen to determine whether the populations of insect pests will increase and cause major economic losses in plots where quinoa has been grown repeatedly over several growing seasons. This work was carried out in the areas of Cabana (3901 msnm), Cabanilla - Cabanillas (3876-3885 msnm) and Vilque - Mañazo (3860-3920 msnm), located in the provinces of San Román, Lampa and Puno respectively, during the 2010-2011 agriculture season. Evaluations were carried out in 27 plots, nine in each area, with traditional (T), increased (IQ1) and highly increased (IQ2) rotation systems identified. The results show that in the three areas that were evaluated the largest insect populations were "Kcona kcona" *Eurysacca quinoae* Povolny (Lepidoptera - Gelechiidae) considered to be a key and direct pest; other species (occasional pests) and biological controllers (predators), were recorded in very low populations. Traditional rotations in the evaluated systems demonstrated that the population density of the key pest is comparatively less than in the other two systems.

Key words: quinoa, rotation system, key pest, *Eurysacca quinoae*, occasional pest

INTRODUCCIÓN

La importancia de la quinua en la alimentación humana se debe a que es una de las pocas especies vegetales con alto valor biológico de la proteína que contiene y al balance adecuado de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, metionina, leucina e isoleucina, lo que la hace comparable a los alimentos de origen animal como leche, carne (Mujica, 1993).

Desde hace algún tiempo los productores de quinua en el altiplano Peruano - Boliviano, han ido cambiando de parecer respecto a la producción intentando ampliar las aéreas de producción lo que significa intensificar el cultivo en su predio familiar, con el fin de conseguir mayores ingresos económicos, por el incremento de los precios en el mercado internacional (Jacobsen, 2011) propósito que aparentemente puede ser bueno para mejorar los ingresos familiares; pero que va en desmedro del medio ambiente y la sostenibilidad del cultivo, por el incremento de plagas, enfermedades y la degradación de los suelos (Mujica, 1993)

Precisamente en los últimos años el manejo del sistema de rotación de cultivos, componente vital en la agricultura sostenible, tiene algunos cambios en la orientación productiva, transitando de lo tradicional con rotación anual de cultivos en las áreas productivas, hacia una marcada intensificación, ya sea del cultivo o de las parcelas, llegando en varios casos al monocultivo, sin imaginar que los problemas fitosanitarios se intensificarán en este agroecosistema (CIRNMA, 2009)

Por estas razones, se vio la necesidad de constatar la repercusión real en campo de la intensificación desde el punto de vista del daño producido por las plagas de

insectos; partiendo de la premisa de que la continuidad de un cultivo, sin rotación, asegura el alimento para los insectos fitófagos ligados a él y ello hará que la plaga clave sea persistente y que posiblemente aquellas consideradas ocasionales puedan convertirse en plagas claves (Bravo, 1999, 2010).

OBJETIVOS

Determinar si las poblaciones de plagas insectiles, se incrementan por efecto de la tendencia hacia el monocultivo en diferentes sistemas de rotación, en tres zonas de producción de quinua orgánica en Puno.

Cuantificar el daño y las pérdidas económicas producidas por insectos plagas en el cultivo de quinua orgánica en parcelas familiares de las zonas involucradas

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Identificación de parcelas para estudio. En las zonas de Cabana (3901 msnm), Cabanilla-Cabanillas (3876-3885 msnm) y Vilque-Mañazo (3860-3920 msnm), ubicadas geográficamente en las provincias de San Román, Lampa y Puno, se identificaron 27 parcelas, tomando en cuenta básicamente los sistemas de rotación, en parcelas de producción orgánica de cuatro campañas agrícolas (2006-2010), correspondiendo nueve parcelas a cada zona de producción, para el efecto se analizó el historial de rotación de parcelas, registrado en las carpetas de productores del programa orgánico de quinua, que coordina CIRNMA (Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente), las definiciones que caracterizan a cada uno de los sistemas de rotación identificados, se muestran en siguiente cuadro.

Tabla 1. Sistemas de rotación según intensificación del cultivo de quinua orgánica por parcela

Sistema de rotación	Definición del sistema de rotación	Sub parcelas (*)
Tradicional (Testigo) 09 parcelas	Existe rotación de 3 ó 4 cultivos, con descanso de 1 a 3 años, pueden existir 2 años de tubérculos.	$TA = 3aD + 1aP$ $TB = 2aD + 1aP + 1aQ$ $TC = 1aD + 1aP + 2aXX$
Intensificado IQ1 09 parcelas	Existe intensificación de cultivo (quinua – papa) con cambio en la rotación e inicio con quinua después del descanso de la parcela.	$IQ1A = 3aD + 1aQ$ $IQ1B = 2aD + 1aQ + 1aXX$ $IQ1C = 1aD + 2aQ + 1aXX$
Altamente intensificado IQ2 09 parcelas	Existe intensificación de “CULTIVO y PARCELA”, con rotación y siembra de al menos 2 a 3 años de quinua (continua o discontinua).	$IQ2A = 1aD + 1aXX + 2aQ$ $IQ2B = 1aXX + 3aQ$ $IQ2C = 2aXX + 2aQ$

Donde (*) A, B, C = Diferentes sub-sistemas de rotación, en los sistemas Tradicional, IQ1 e IQ2 a = años; P = Papa; D = Descanso; Q = quinua; XX = Otro cultivo (tubérculo, cereal o leguminosa)

Sistemas de rotación

Rotación tradicional (T) se caracteriza básicamente porque mantiene las parcelas en rotación de cultivo (3 o 4 cultivos) y con descanso de la parcela por un periodo de 1 a 3 años, pudiendo existir siembra de papa por 2 años continuos. Este sistema es el patrón o testigo del estudio.

Rotación intensificado 1 (IQ1) se caracteriza porque en la parcela existe intensificación de CULTIVO (quinua – papa) con cambio en la rotación e inicio con quinua o cañihua después del periodo de descanso de la parcela, p.e. dos años descanso, sigue quinua, luego papa; dos años descanso, sigue quinua, quinua consecutivos.

Rotación altamente intensificado 2 (IQ2) se caracteriza porque en la parcela existe intensificación de “CULTIVO” y “PARCELA”, con rotación y siembra de al menos 2 a 3 años de quinua (continua o discontinua).

Seguimiento y Evaluación

Durante la ejecución del trabajo campaña agrícola 2010-2011. Se coordinó permanentemente con los 27 productores dueños de las parcelas seleccionadas con

áreas entre 585 y 16124 m², quienes realizaron todas las labores agronómicas.

Siembra: con variaciones de fechas de septiembre a diciembre 2010, debido al prolongado periodo de sequía al inicio de la campaña agrícola.

Labores culturales: se realizaron principalmente trabajos de deshierbo dependiendo de la población de malezas que se encuentran en las parcelas en los primeros estadios del cultivo de interés quinua (15 a 20 cm de altura).

No se realizó ninguna aplicación de insecticidas por tratarse de parcelas de producción orgánica y evitar la interferencia con los propósitos del estudio.

Cosecha: en fechas variables de acuerdo a las fechas de siembra y la variedad/ecotipo, algunas parcelas no llegaron a ser cosechadas, debido a que fueron afectadas por las heladas en la fase fenológica de floración.

Las evaluaciones entomológicas propias del estudio, fueron conjuntas, principalmente con mujeres y eventualmente con varones y niños, quienes mostraron interés para aprender a reconocer y diferenciar plagas de controladores biológicos, las evaluaciones, se realizaron en cuatro fases fenológicas del cultivo (cuatro a seis

hojas verdaderas, inicio de formación de panojas, grano pastoso y madurez fisiológica) lo que se evidencia en las fotografías 1 a la 4.

Las evaluaciones de plagas y controladores biológicos, siguieron la metodología planteada por (Bravo, 2010), quien recomienda para áreas homogéneas de producción tomar cinco puntos de evaluación, con tres plantas seguidas en cada punto, a fin de disminuir el error experimental, los puntos de evaluación se predeterminan haciendo un recorrido en “W”, de forma que la muestra sea representativa de toda la parcela, recogiendo los insectos del follaje, por sacudimiento de cada planta en una bandeja para luego diferenciar las

especies plaga y los parasitoides si los hubiera; de la misma forma y alrededor de las mismas plantas en el suelo se realizó la contada de controladores biológicos, específicamente predadores (Carábidae-Coleóptera); en cada caso las cantidades se anotaron en planillas de evaluación específicamente diseñadas para el trabajo y para cada etapa fenológica del cultivo.

La cosecha fue gradual y de forma tradicional, de acuerdo a la maduración del cultivo en cada parcela, los datos de rendimiento se obtuvieron por muestreo, de acuerdo al tamaño de las parcelas.



(a) Evaluación entre cuatro a seis hojas verdaderas (b) Evaluación a Inicio de formación de panojas vista (c) Evaluación al estado de grano pastoso (d) .Evaluación a la madurez fisiológica del cultivo

Caracterización de la plaga Clave

La especie plaga que se presenta continuamente y en considerables poblacionales es *Eurysacca quinoae* Povolni (Lepidóptera- Gelechiidae) “Kcona-kcona o moledor de granos”, considerada por ello como plaga

clave o la plaga más importante; un ataque intenso puede ocasionar la pérdida total de la producción, siendo las larvas quienes al alimentarse de los granos en las panojas causan problemas en la producción de quinua hasta producir pérdidas económicas cuando

sobrepasan la cantidad de seis larvas por planta (Umbral de Daño) para condiciones de Puno (Blanco, 1994, FAO, 2000; Tapia, 2007 y Bravo, 2010). Los adultos que son pequeñas polillas de color gris-pajizo con algunas manchas negras sobre las alas, no son directamente dañinas; pero son responsables de la reproducción e incremento de poblaciones.

Variedades de quinua utilizadas por los agricultores en parcelas del estudio

En las áreas de seguimiento del presente trabajo se registraron cuatro variedades y dos ecotipos de quinua:

- Salcedo INIA: selección surco-panoja a partir de las variedades Real de Bolivia x Sajama; con granos de 1,8 a 2,0 mm de diámetro, blanco, panoja glomerulada, período vegetativo 160 días (precoz), resistente a heladas (-2°C), tolerante a mildiú *Peronospora farinosa*.
- Kankolla: selección masal de ecotipos de Cabanillas, periodo vegetativo 160 a 180 días, granos de 1,6 a 1,9 mm de diámetro, color blanco, relativamente resistente a frío y al granizo, tolerancia intermedia a mildiú, muy atacada por “kcona kcona” *Eurysacca quinoae* Povolny, alto contenido en saponina.
- Blanca de Juli: selección de ecotipos locales de Juli, periodo vegetativo 160 a 170 días, granos 1,4 a 1,8 mm de diámetro, color blanco, contenido de saponina medio, tolerante al mildiú
- Pasankalla: seleccionada de ecotipos de Acora (Caritamaya), granos de 1,8 a 2,0 mm, de diámetro, color de grano plomizo a rosado, con un periodo vegetativo de 180 a 200 días (tardío), tolerante a mildiú.
- Chullpi anaranjado: granos de 1,2 a 1,7 de diámetro, color anaranjado transparente, buena tolerancia al

frío, con periodo vegetativo semi tardío, con contenido de saponina alto.

- Ecotipo Rosado Taraco: selección masal de ecotipos de Taraco, validados por agricultores por 5 años/genotipo ambiente, tamaño de granos 1.6 a 2.0 mm, color de grano blanco, periodo vegetativo de 160 a 180 días, alto contenido de saponina.

Información meteorológica de zonas de producción

La información sobre temperaturas y precipitaciones fueron obtenidas de las Estaciones Meteorológicas Cruz Pata del Distrito de Cabana (PELT) y de las Estaciones Meteorológicas de los distritos de Cabanillas y Mañazo (SENAMHI) respectivamente. Las temperaturas promedio mensuales de la campaña agrícola 2010-11 (Gráfico 1) tuvieron la misma tendencia en las tres zonas de estudio con ligeras variaciones, siendo superiores en la zona de Cabanilla-Cabanillas. Los picos inferiores de temperatura a pesar de no ser cuantitativamente muy bajos (7,8 a 9,0°C) repercutieron en aquellas parcelas que por falta de lluvia inicial, fueron sembradas muy tarde y que en los meses de febrero a abril recién llegaban a la etapa fenológica de inicio de formación de panojas, por lo que no pudieron culminar su período vegetativo.

Las precipitaciones pluviales (Gráfico 2) no fueron uniformes, pero si mantuvieron la misma tendencia, registrando los picos más altos en las tres zonas, durante los meses de diciembre y febrero; en la zona de Cabanilla-Cabanillas, se registró menor cantidad de precipitaciones, durante toda la campaña agrícola.

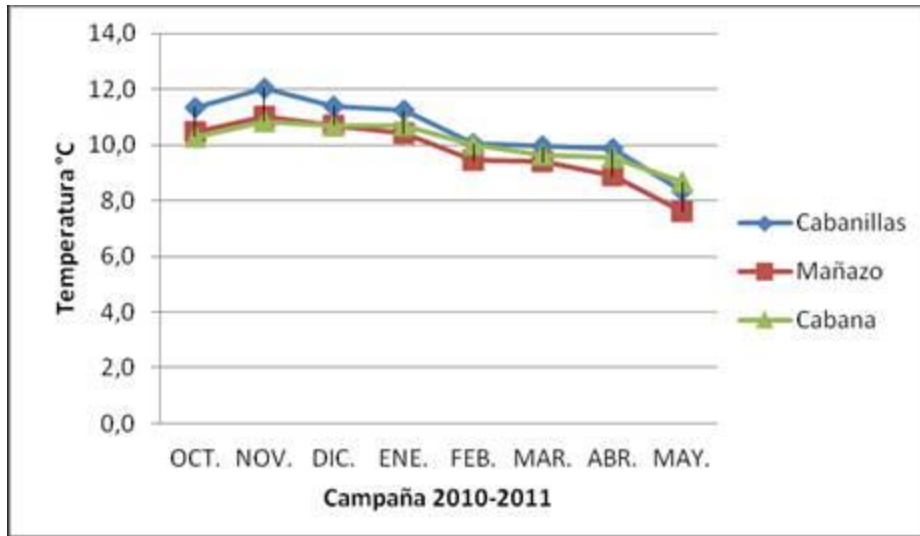


Figura 1. Temperatura promedio de tres zonas de producción

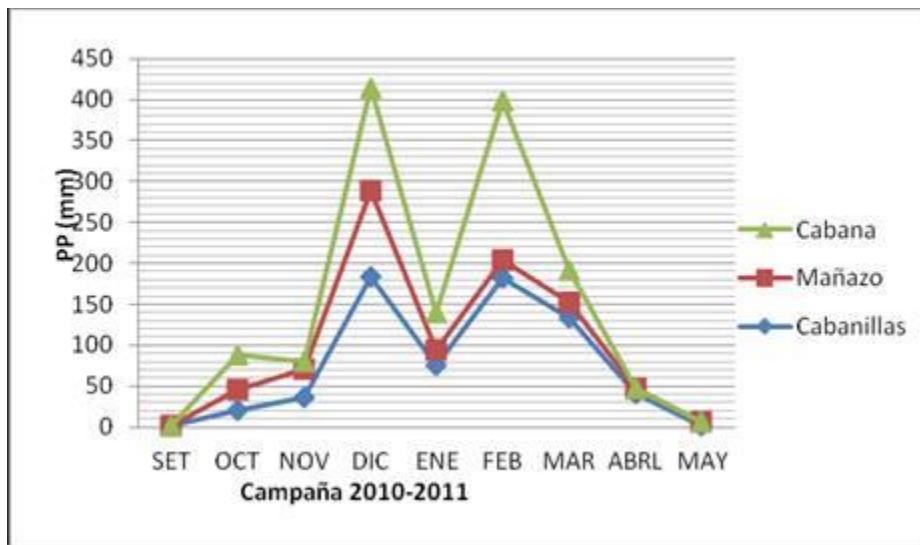


Figura 2. Precipitación pluvial promedio de tres zonas de producción

Pérdida de rendimiento por causa de plaga clave

Las pérdidas (kg/ha) de rendimiento han sido calculadas tomando como referencia el máximo rendimiento obtenido en la parcela con mayor rendimiento del sistema de rotación tradicional, considerada para el

cálculo correspondiente como referente de rendimiento. Para los cálculos del cuadro 3 se ha aplicado la escala de evaluación de daños (Cuadro 2). Los cálculos económicos, se estandarizaron al precio actual de mercado (diciembre 2011) S/. 4.50/kg (tasa de cambio: 2,9 soles por 1 US\$).

Tabla 2. Escalas de Pérdidas causadas por “Kcona kcona” *Eurysacca quinoae*

Rango de población de Kcona-kcona	Porcentaje (%) de pérdida por plaga
6	10
7-10	15
11- 14	20
15-18	25
>19	30

Fuente: Bravo, 2010

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fluctuación poblacional de plagas en zonas y sistemas de rotación

La fluctuación poblacional de insectos en las tres zonas de producción, especialmente de “Kcona-kcona” *Eurysacca quinoae* P. (Lepidóptera-Gelechiidae), plaga clave, resulta creciente respecto al mayor grado de intensificación del cultivo y también respecto al desarrollo fenológico avanzado del cultivo de quinua, debido a que se alimenta directamente de los granos ya formados y en proceso de maduración (Gráficos 3, 4 y 5); característica que se repite en las tres zonas de producción y los tres tipos de rotación, el inicio de las poblaciones tanto de la plaga clave como de las secundarias y su incremento paulatino se registra a partir de la etapa fenológica de grano pastoso, considerando que encuentran mayor cantidad de alimento. La relación con los factores climáticos temperatura y humedad, es implícita para todos los insectos, por tratarse de organismos poiquilotermos, dependientes de los factores físicos del medio ambiente, favoreciendo el incremento de poblaciones los períodos de menor humedad.

Fluctuación poblacional de “kcona-kcona” en tres zonas, para el sistemas de rotación tradicional

En las parcelas con sistema de rotación **tradicional**, de las tres zonas de estudio, la población de la plaga clave

“kcona-kcona” *Eurysacca quinoae* P. no supera el umbral de daño económico (UDE) (cinco a seis larvas/planta, determinado por Blanco, 1994) por lo menos en dos de las zonas; pero en la zona de Cabanilla-Cabanillas (Gráfico 4 - tradicional), se registró durante la madurez fisiológica, que la población alcanzó niveles promedio de 14 larvas/planta, debido a que la temperatura en los meses de marzo y abril fueron mayores, respecto a las otras dos zonas y las precipitaciones disminuyeron considerablemente haciendo un clima propicio para su incremento, aunque el daño no fue significativo debido a que inmediatamente se procedió a la cosecha; la influencia de mayor población, también fue debido a que las variedades sembradas (Salcedo INIA y Blanca de Juli) mostraron ser más susceptibles al ataque de la plaga.

Fluctuación poblacional de “Kcona-Kcona” en tres zonas, para el sistemas de rotación Intensificado 1 (IQ1)

En este sistema de rotación, caracterizado por sembrar quinua como cultivo de cabecera y luego de un período de descanso de uno a tres años, volver a iniciar con quinua, se observa, que en la zona de mayor área de producción de quinua que es Cabana (gráfico 3-intensificado IQ1), es claro el incremento de la población de la plaga clave *Eurysacca quinoae*, sobrepasando el umbral de daño económico (16 larvas/planta) en la fase de madurez fisiológica. En la zona de Cabanilla-Cabanillas, (Gráfico 4 - intensificado

IQ1) curiosamente la población de esta plaga, es más baja que en el sistema tradicional; posiblemente debido a que algunos de los agricultores realizaron oportuna y óptimamente las labores de deshierbe. En la Zona de Vilque-Mañazo, (Gráfico 5) no se concluyeron las evaluaciones porque el cultivo no completó su desarrollo fenológico, habiendo sido afectado por bajas temperaturas, durante la fase de formación de panojas como consecuencia de siembras tardías, debido a un veranillo prolongado al inicio de la campaña tal como se observa en los gráficos 1 y 2; sin embargo la presencia de plagas hasta donde desarrollo el cultivo fue considerable por las bajas precipitaciones de esta zona.

Fluctuación poblacional de “Kcona-kcona” en tres zonas, para el sistemas de rotación Intensificado 2 (IQ2)

El incremento rápido de la población de “Kcona-kcona” es inminente en este sistema altamente intensificado del cultivo y se presenta con tendencias similares en las tres zonas de estudio (Gráficos: 3, 4 y 5 - altamente intensificado IQ2) encontrando que las poblaciones de la plaga, alcanzan un promedio de 23 larvas/planta; lo que en la práctica resulta ser aproximadamente cuatro veces más alto que el umbral de daño, incidiendo con certeza en pérdidas económicas considerables, como se demostrará más adelante; teniendo en cuenta que los daños de plagas y enfermedades son entre otros factores determinantes de la producción.

Fluctuación poblacional de plagas secundarias en tres zonas, para los diferentes sistemas de rotación.

En el caso de las plagas secundarias “trips” *Frankliniella* sp y “pulgonos” *Macrosiphum*

euphorbiae, sus densidades poblacionales, son completamente bajas en las tres zonas (Gráficos 3, 4 y 5) mostrando sus picos más altos, sin llegar a ser peligrosos, en la etapa de grano pastoso y descendiendo hacia el final del cultivo, debido a que ambas son plagas del follaje y al madurar el cultivo ya no tienen de que alimentarse; considerando que en el caso de “Trips” se alimentan de las células del parénquima foliar y en el caso de “pulgonos” lo hacen succionando savia de los brotes tiernos que; siendo concordantes tales resultados con lo expresado por Cisneros, 1980; Valdivia, et al; Delgado, 2005 y Bravo, 2010.

En las parcelas con rotación medianamente intensificadas IQ1, las plagas secundarias “trips y pulgonos” mantienen la misma tendencia, que en el sistema de rotación tradicional, pero con poblaciones superiores en el caso de “trips” en Cabana; en cambio en Cabanillas, las poblaciones de esta especie fueron menores que la de “pulgonos”; sin embargo en ninguno de los dos casos las poblaciones resultan significativamente dañinas; habiendo jugado un rol importante la presencia de lluvias en los meses de enero a marzo, considerando que principalmente “trips” tienen afinidad por condiciones de sequía o veranillos, tal como lo señala (Bravo, 2010).

De la misma forma en parcelas altamente intensificadas IQ2 Las poblaciones de “trips” como plaga secundaria, mantienen la misma tendencia y crece paralelamente a la de “Kcona-kcona” principalmente en la zona de Cabana (Gráfico 3); en las otras dos zonas, se presentan pero en poblaciones menores y la presencia de “pulgonos” es incipiente en las tres zonas (Gráficos 4 y 5).

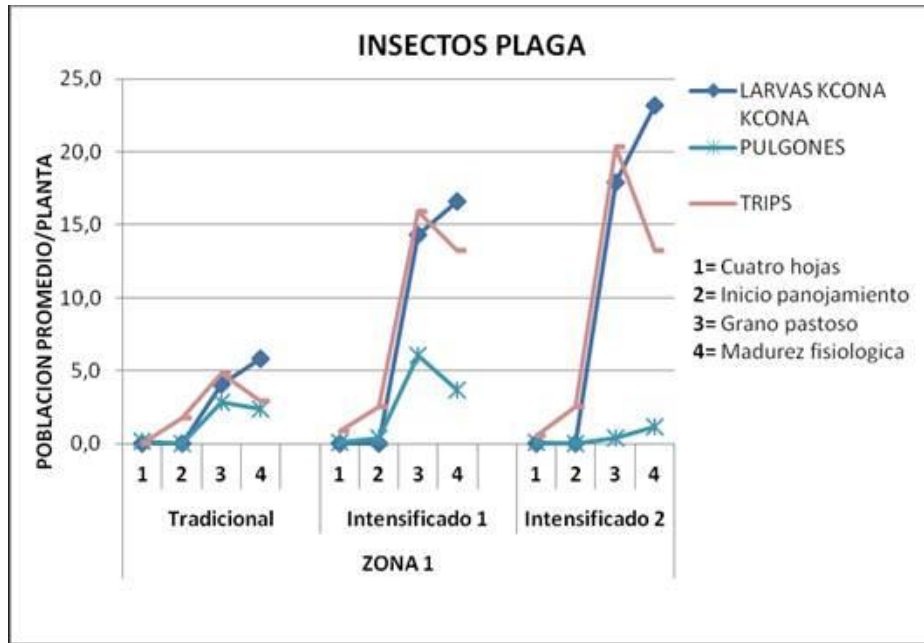


Figura 3. Fluctuación poblacional de plagas de quinua en tres sistemas de rotación, Zona 1: Cabana

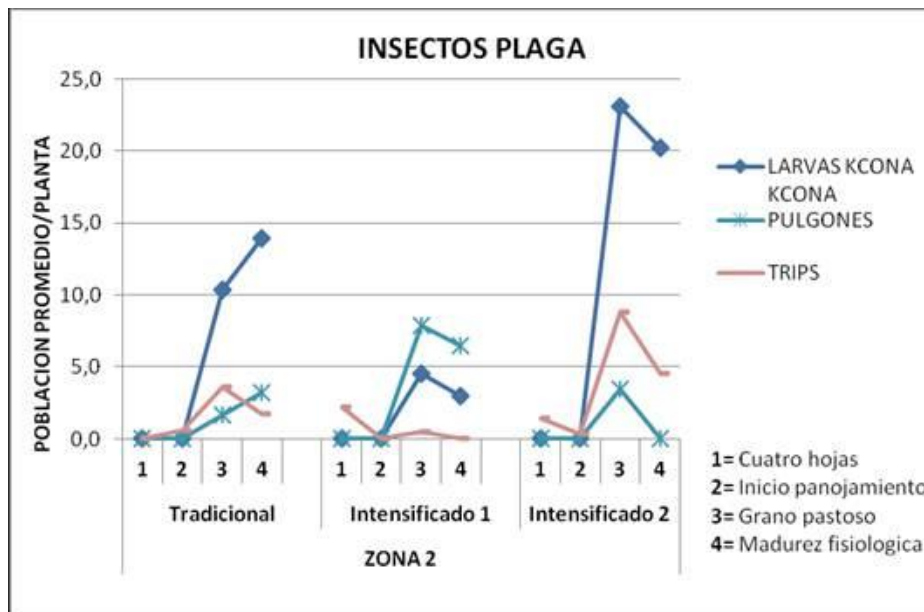


Figura 4. Fluctuación poblacional de plagas de quinua en tres sistemas de rotación, Zona 2: Cabanilla-Cabanillas

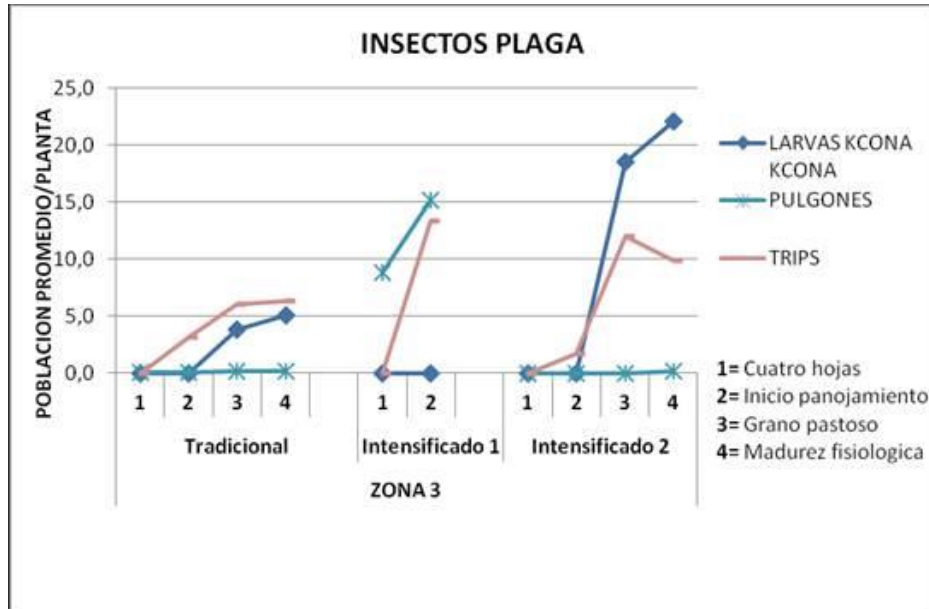


Figura 5. Fluctuación poblacional de plagas de quinua en tres sistemas de rotación, Zona 3: Vilque-Mañazo

2. Disminución de rendimiento y pérdidas económicas por causa de Kcona-kcona

Los resultados del cuadro 3, muestran que las menores pérdidas se obtienen en las parcelas con sistema de rotación Tradicional en las tres zonas de producción y que en promedio significan una pérdida de S/1122,00

(US\$ 408); mientras que en las parcelas medianamente intensificadas (IQ1) económicamente se pierde S/. 2419,00 (US\$ 880) y en las altamente intensificadas (IQ2) la pérdida económica, llega a un promedio de S/ 3708,00 (US\$ 1348), que representa alrededor de 3,3 veces más que la pérdida que se tiene en parcelas con rotación tradicional.

Tabla 3. Pérdidas económicas por efecto de “kcona kcona” en quinua orgánica

Zona de Producción	Sistema de Rotación	Rend. Máx. en sistema tradicional kg/ha	Rend. Promedio por tipo de rotación kg/ha	Pérdida en Rend. Respecto al máximo kg/ha	Pérdida causada por plaga en base a escala Kg/ha	Pérdida económica por efecto de plaga clave en S/.
1 Cabana	Tradicional		2433	1034	155	698.00
	Intensificado IQ1		546,9	2920	730	3285.00
	Intensificado IQ2		486	2981	894	4023.00
2 Cabanilla Cabanilla s	Tradicional		1940	1527	382	1719.00
	Intensificado IQ1	3467	13	3454	345	1553.00
	Intensificado IQ2		278	3189	638	2871.00
3 Vilque Mañazo	Tradicional		1361	2106	211	950.00
	Intensificado IQ1		0	*	*	*
	Intensificado IQ2		333,3	3134	940	4230.00

* No se cuenta con datos de rendimiento porque las plantas no completaron su fenología, por causa de heladas

CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo en 27 parcelas de tres zonas de producción de Puno (nueve parcelas por cada zona), permiten concluir que a mayor intensificación del cultivo, la densidad poblacional de la plaga se incrementa considerablemente, sobrepasando el umbral de daño económico.

El incremento de poblaciones de polilla de quinua “Kcona-kcona” *Eurysacca quinoae*, en parcelas que tienden a la mayor intensificación, repercuten como uno de los factores importantes de producción, en la disminución de rendimiento y directamente el agricultor

afrontará pérdidas económicas, que según sea el grado de intensificación podrán ser hasta más de tres veces que las pérdidas que se pueden tener en parcelas que conservan su rotación tradicional.

Las plagas secundarias, que son indirectas porque atacan al follaje y no directamente al grano como la plaga clave, no tienen mayor repercusión en el rendimiento, salvo en épocas de sequías o veranillos prolongados coincidentes con fases susceptibles del cultivo, como la de inicio de formación de panojas y maduración de granos.

El manejo orgánico de las plagas insectiles en general tiene que ser continuo y de acuerdo a los criterios

establecidos en el reglamento de producción orgánica, principalmente para conservar e incrementar los controladores biológicos naturales.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a los veintisiete agricultores seleccionados y a las familias de cada uno de ellos, residentes en los distritos de Cabana, Cabanilla, Cabanillas, Vilque y Mañazo, por su predisposición, apoyo y colaboración en la ejecución de este trabajo, con quienes hemos compartido y continuaremos compartiendo los resultados encontrados, a fin de que tomen las decisiones más adecuadas en la rotación de sus parcelas y sus cultivos.

Agradecemos al Ph.D. Oliver Dangles (IRD-Bolivia), M.Sc. Raúl Saravia (PROINPA- Bolivia), por sus comentarios y sugerencias al presente documento, a Claire Nicklin (CCRP-Andes-McKnight).

A la Fundación McKnight, Programa Colaborativo de Investigación de Cultivos, por el auspicio para el desarrollo de la presente investigación, en el marco del proyecto “Perspectivas de la Sostenibilidad de la producción-consumo de quinua en el altiplano peruano”, convenio con el Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente, CIRNMA-Puno.

BIBLIOGRAFIA

BLANCO, A. 1994. Umbral económico de *Kona kona Eurysacca melanocampta* (Lepidoptera Gelechiidae) en quinua *Chenopodium quinoa* Willd. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 40p.

BRAVO, R. 1999. Manejo integrado de plagas de cultivos andinos. Resultados de investigación. Oficina Universitaria de Investigación. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 41 p.

BRAVO, R. 2010. Manejo agroecológico de plagas andinas. Puno, Perú. 131p.

CIRNMA (Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente). 2009. Informe anual proyecto ALTAGRO: programa orgánico de quinua. Puno, Perú.

DELGADO, P. 2005. Plagas y Enfermedades de la Quinua. En: Apaza V., P. Delgado. 2005. Manejo y Mejoramiento de Quinua Orgánica. Instituto nacional de Investigación y Extensión Agraria. INIA. Estación Experimental Agraria Illpa-Puno. pp 80-111. Puno-Perú.

FAO, 2000. Quinua. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Quinua. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Editores Ángel Mújica; Juan Izquierdo; Jean Pierre Marathe; Sven Eric Jacobsen. Santiago de Chile. 293 p.

JACOBSEN, S.E. 2011. The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster. *J. Agronomy & Crop Science* (2011) ISSN 0931-2250

LOZA, L. y BRAVO, R. 2001. Poblaciones de carábidos (Coleoptera) en Agroecosistemas del Altiplano Peruano. *Revista Peruana de Entomología*. 42. Puno. Pp 79-87. Lima- Perú.

MUJICA A. 1993. Cultivo de quinua. Serie Manual N° L1-93; Instituto Nacional de Investigación Agraria. INIA – TTA. Lima. 130 p.

TAPIA, M.E. y A.M. FRIES. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO Y ANPE. Lima

Descripción de sistemas de rotación de cultivos en parcelas de producción de quinua en cuatro zonas (siete distritos) del altiplano peruano

Description of crop rotation systems in quinoa producing plots in four regions (seven districts) of the Peruvian Highlands

Soto, J.^{1*} Valdivia, E.¹ Valdivia, R.¹ Cuadros, A.¹ Bravo, R.²

¹ Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Puno.

² Universidad Nacional del Altiplano CICADER-UNA, Puno

*Autor para correspondencia, e-mail: jososoto1@yahoo.com

RESUMEN

Existen indicios que en el altiplano peruano se viene dando cambios en los sistemas de rotación tradicional de cultivos. Una posible causa es el aumento de la demanda de quinua a nivel nacional e internacional, que está induciendo a que muchos productores opten por sembrar quinua varios años en una misma parcela. A la luz de este panorama se planeó analizar la información Base de Datos del programa orgánico del Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Se plantearon como objetivos: a) Describir los sistemas de rotación de cultivos de productores de quinua orgánica, b) Reconstruir el historial de rotación de cultivos a nivel de parcela. El trabajo de gabinete fue realizado en el área de sistemas informáticos. Se exploró la información de Base de Datos, la información secundaria de las carpetas de los productores. La información se organizó en una plantilla en MS Excel, la misma que permitió realizar agrupamientos de parcelas por productor y por zonas, previa definición de criterios como: tipo de producción (orgánico-transición), historial de rotación de las últimas cuatro campañas agrícolas, haber sembrado papa o quinua la campaña agrícola 2009-2010. Bajo esos criterios se analizó el historial de rotación de 1057 parcelas. Se identificaron 11 diferentes tipos de rotación. Resultado de esta clasificación se pudo evidenciar que los productores de las zonas analizadas (3856 a 4194msnm) en el altiplano peruano, vienen variando la rotación de cultivos al sembrar quinua hasta por tres o cuatro años consecutivos en un mismo terreno. Por tanto la rotación del sistema va camino hacia el monocultivo. En este contexto si continuase la dinámica de intensificación espacial del cultivo en forma inadecuada, esto no solo por la falta de conocimiento de muchos agricultores de los cambios en los sistemas de rotación, sino por la ausencia de planes de manejo de suelos, a mediano plazo ocasionaría que los sistemas frágiles del altiplano se vean afectados negativamente en su productividad y sostenibilidad.

Palabras clave: Descripción, intensificación, quinua, sistemas de rotación, Perú

ABSTRACT

There is evidence that in the Peruvian Highlands changes in the rotation systems of traditional crops have been taking place. A possible cause is the increase in quinoa demand at national and international level, which is inducing many producers to opt for producing quinoa several years in one same plot. In the light of this panorama an analysis of the Database information from the organic program from the Center of Research on Natural Resources and Environment was proposed. The objectives proposed were: a) Describe the crop rotation systems of organic quinoa producers, b) Reconstruct the record of crop rotation at plot level. The office work was carried out in the informatics technology area. The Database information was explored, the secondary information from the producers folders. The information was organized in a MS Excel sheet which enabled the grouping of plots by producer and region, previous definition of criteria such as: type of production (organic-transition), record of rotation of the last four crop years, having sowed

potato o quinoa on the 2009–2010 crop year. Under these criteria the rotation record of 1057 plots was analyzed. 11 different types of rotation were identified. As a result of this classification it became evident that producers from the analyzed areas (3856 to 4194 m.a.s.l.) in the Peruvian Highlands, have been varying the crop rotation by sowing quinoa up to three or four years in a row in the same plot. Therefore, the rotation of the system is heading toward monoculture. In this context, if the dynamic of spatial intensification of the crop continues in an inadequate manner, this not only by the lack of knowledge of many farmers on the changes on the rotation systems, but by the absence of soil management plans; in medium-term it would cause the fragile systems of the Highlands to be adversely affected in their productivity and sustainability.

Keywords: Description, intensification, quinoa, rotation system, Perú

INTRODUCCION

La Región de Puno, en Perú, concentra el 80% de la producción nacional de quinua. En ella se estima un total de 65000 productores de quinua de los cuales, el 80% no se encuentran organizados y 20% organizados en asociaciones o cooperativas. Se siembra anualmente entre 24000 a 26000 hectáreas de quinua, de las cuales menos del 10% tienen certificación orgánica. Por su parte la Mesa de Trabajo– Producto Quinoa (2011), que agrupa a 35 organizaciones y actores de la cadena de quinua, reporta que de Puno se está destinando al mercado externo aproximadamente 1400 toneladas, siendo el 50% con certificación orgánica. Es decir existe un importante volumen que proviene de una producción sin certificación (convencional) y su relación con el mercado no necesariamente pasa por las exigencias orgánicas. Asimismo, confirma la importancia del mercado interno.

En los últimos cuatro años la demanda nacional y mundial por quinua en grano ha provocado un incremento del precio. Este se ha valorizado, a nivel del productor (“puesto en chacra) y con certificación orgánica en 1.8 \$US/kg (90 \$US1 el quintal de 50 kilos), mientras que el precio de quinua convencional está en 1.5 \$US/kg; lo que constituye un fuerte incentivo para el productor.

El efecto de ello, es que se perciben cambios en los sistemas de rotación tradicional e incremento de las superficies de siembras; lo cual puede generar nuevas condiciones en la estructura del sistema familiar no solo

en el aspecto agropecuario y de uso de los recursos naturales, sino en las relaciones al interior y exterior de la familia en sus relaciones con la comunidad y fuera de ella.

En el escenario descrito, desde 1995 el Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (CIRNMA), en convenio con diferentes organismos nacionales e internacionales (ADEX, CIDEAL, CIP, CIDA, BIOVERSITY International), viene trabajando en aspectos organizativos y de asistencia técnica a agricultores de quinua en comunidades campesinas de la Región Puno, Perú.

En el 2000 se inicia la orientación hacia un programa para la producción de quinua orgánica, y el 2003 se consigue la primera certificación orgánica otorgada por BIOLATINA. A partir del 2006, el programa, ha continuado dicho trabajo en la zona de Cabana, Cabanillas, Cabanilla, Vilque, Mañazo y Juli (Puno-Perú), con apoyo de la Fundación McKnight y del Proyecto ALTAGRO (Convenio CIP-ACDI-CIRNMA).

Los resultados de este periodo, muestran cómo las familias aceptan cambiar la orientación convencional (dependiente del empleo de fertilizantes, pesticidas artificiales, etc.) hacia una producción orgánica de quinua. Algo determinante para ello es la asistencia técnica y capacitación participativa ofrecida por CIRNMA a las familias así como el apoyo para el fortalecimiento organizacional y la articulación con el mercado desde una visión holística para promover el desarrollo económico y social del productor del Altiplano peruano.

¹ Tasa de cambio: 2.7 soles por 1 \$US; Mayo 2012 (BCR-Perú).

Producto del desarrollo del Programa Orgánico con familias productoras, CIRNMA cuenta con una Base de Datos (BD) de seguimiento continuo de cuatro campañas a más de 350 agricultores, los mismos que obtuvieron la certificación (orgánica y transición). Esta BD, ofrece información que permite describir tipos de agricultores en función al sistema de rotación de cultivos en sus parcelas.

Tradicionalmente el sistema de rotación de una cédula de cultivo anual, en los Andes, incluye periodos de descanso variables y siembras de diferentes cultivos rotándolos anualmente en la misma parcela (INIA-PISA, 1990; Orlove, et. al. 1992; CLADES, 1992). En Puno, por lo general, el ciclo anual de rotación se inicia con el cultivo de papa (“cabecera de la rotación”), seguido por quinua, cañihua, cebada o avena forrajera, habas o tarhui, para luego ingresar a un periodo de descanso de tres a ocho años en función a la ubicación con o sin influencia del lago (Zonas Agroecológicas Circunlacustre o Suni A y B) (Tapia, 1990, 2007).

Con el incremento de la demanda por quinua y el incentivo de los productores por el precio de la misma, surgen varias interrogantes. Una primera hipótesis, al revisar la tendencia del uso de las parcelas por este conjunto de agricultores, es que existen indicios sobre el cambio espacial que se viene dando en la rotación tradicional de cultivos. Otra es que al incrementarse la demanda por quinua las familias, en su justa aspiración por obtener mayores ingresos, comienzan a habilitar superficies adicionales de siembra para incrementar sus volúmenes de producción que pueda ser ofertada al mercado y con ello lograr ingresos económicos importantes.

Como antecedente de lo descrito, se tiene la referencia de lo que viene ocurriendo en el Altiplano Sur de Bolivia. Allí debido también a la creciente demanda de quinua y el incremento de los precios en el mercado, se produjo la extensión del cultivo en forma intensiva a las pampas, disminuyendo los años de descanso (Astudillo, 2007; Medrano y Torrico, 2009, Orsag, 2009). Muchos productores están cultivando intensamente la quinua en tierras planas que anteriormente eran destinadas al

pastoreo de llamas (tholares y bofedales). Además están cultivando estas tierras con tractores de discos, lo cual está causando erosión de suelos arenosos a niveles de entre 4 y 30% dependiendo de la comunidad (CEPRODA, 1999, citado por Nicklin y Smale, 2008).

Asimismo, con la expansión de la actividad agrícola de quinua, se ha intensificado la presión por el acceso y uso de la tierra para el cultivo provocando que los pobladores dejen de lado la actividad ganadera y reduzcan la cobertura vegetal a través del “destholamiento”, que implica eliminar los arbustos de la “Thola” (*Pharastrepia sp*) como especie nativa y dar paso a suelo limpio para la siembra de quinua (Jaldin, 2010). Asimismo, en el sistema de rotación tradicional de cultivos del altiplano boliviano, el tiempo de descanso de las tierras abarcaba un periodo de cuatro a ocho años, para la regeneración de nutrientes en el suelo y, luego volver a cultivar papas seguido de quinua (Fundación PROINPA, 2004; Astudillo, 2007). Actualmente el periodo de descanso ha disminuido a menos de 4 años ó 0 años de descanso, algunas han sido sometidas a ciclos de siembra constante (Carter y Mamani, 1998; Orsag 2009) y, en algunos casos, la quinua se produce de manera continua. Esto produce un agotamiento intensivo de la fertilidad natural de los suelos en la zona. (Fundación PROINPA, 2004).

El presente artículo describe cómo los sistemas de rotación de cultivos en parcelas de productores de quinua varían espacialmente en el tiempo en comparación a un sistema tradicional de rotación de cultivos practicado por años en las zonas productoras de cultivos andinos.

ÁREA DE ESTUDIO

Geográficamente está ubicada en los distritos de Cabana, Cabanillas Cabanilla, Mañazo, Vilque y Juli en el departamento de Puno (Figura 1), entre las coordenadas 15° 37' 00" a 16° 12' 39" latitud sur y 70° 20' 00" a 69° 27' 27" 00 longitud oeste, entre 3856 a 4194 m.s.n.m.

En esta zona existe alta variabilidad de tipos de suelos, predominando los Inseptisols y Mollisols (Soil Taxonomy). La capacidad de uso mayor de estos suelos son para cultivos en limpio (papa, quinua, cebada, avena, haba, tarwi, oca, trigo y alfalfa) y pastos de baja calidad (A3 y P3) con limitaciones de clima. Su fertilidad es de baja a media en el horizonte Ap con 0.7

a 2.6 % de materia orgánica (Cari y Salcedo, 2011). En general presentan una topografía micro ondulada con pendientes suaves 1 a 4 % en sitios de pampa y pie de ladera; en ladera la pendiente es del orden de 15 al 55% (CIRNMA, 1997).

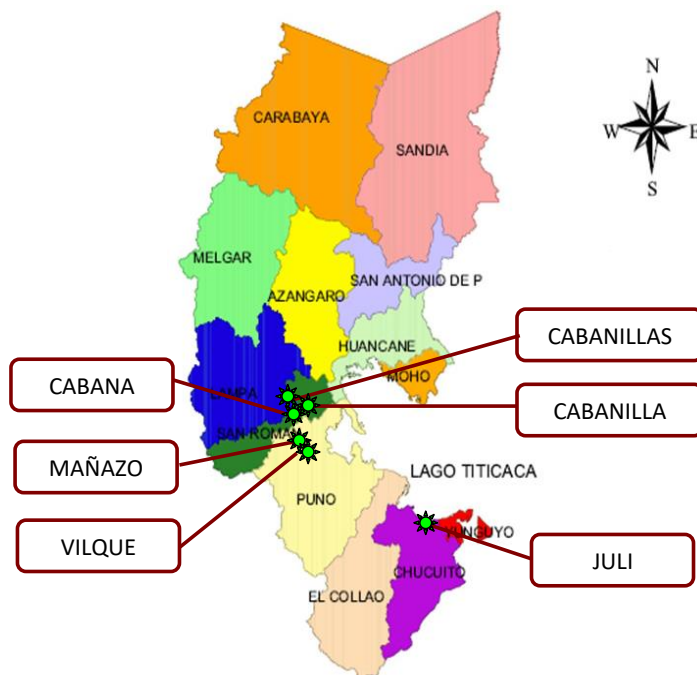


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

La zona se caracteriza por presentar una estación relativamente seca entre abril y noviembre (con meses muy fríos) y una estación húmeda (lluviosa) de diciembre a marzo que corresponde a la época de cultivos. En esta última, la precipitación media anual entre 600 a 850 mm y se registran temperaturas mínimas que oscilan entre 5 a 1°C en la zona Circunlacustre, (3850 msnm) a 3,7 a -1 °C en la zona

Suni (3915 msnm) (PISA, 1988); La precipitación es extremadamente variable dentro y entre años. La temperatura media anual varía de 6°C a 9°C, con amplia variación entre el día y la noche, el periodo libre de heladas varía de 150 a 180 días al año, en la zona circunlacustre (CIRNMA, 1997).

El sistema productivo en la zona integra fuertemente a actividades agrícolas y pecuarias, las mismas que son la

base de la economía de las familias. La agricultura de secano incluye los cultivos de papa, quinua, cebada, avena, habas, cañihua, tarwi, oca e izaño y; los terrenos en descanso o alfalfares son pastoreados por vacunos, ovinos y alpacas principalmente. Tradicionalmente las familias producen los cultivos para el autoconsumo (60%), venden en cantidades reducidas en las ferias locales (20%) y el resto es usado como semilla. En ganadería, los vacunos son vendidos “en pie” en ferias dominicales y los ovinos se comercializan de acuerdo a las necesidades de dinero.

La agricultura es dominada por cuatro cultivos: papa, quinua, cebada y avena forrajera. Los dos patrones de rotación más usados en la zona son: a) primer año papas, segundo año quinua, tercer año cebada, cuarto a sexto año descanso; b) primer año papas, segundo año cebada en berza, tercer año habas, cuarto año descanso de la tierra para empezar de nuevo con papas. Cerca de la mitad de los campesinos hacen descansar la tierra después de cultivarla por tres o cuatro años consecutivos (Carter y Mamani, 1982; Tapia, 1990; Ccama, 1991). Por otro lado, Herve, et. al. (1994), sostienen que: los sistemas de cultivo con descanso largo (2 a 13 años) incorporan, luego de la papa que es siempre cabecera de rotación, uno a tres años de cultivo, variando la especie según los límites altitudinales: tubérculos andinos (*Oxalis tuberosa*, *Ullucus tuberosus*, *Tropaeolum tuberosum*), quenopodiáceas (*Chenopodium quinua*, *Ch. pallidicaule*) quinua, cañihua), cereales (*Hordeum vulgare* y *Avena sativa*) y leguminosas (*Vicia fabae* y *Lupinus mutabilis*) por debajo de los 3800 m.s.n.m.

METODOLOGIA

Se realizó un trabajo de gabinete entre mayo y julio del 2010 en el área de Sistemas Informáticos (SI) de CIRNMA, consistente en la revisión de la información almacenada en la Base de Datos (BD) del programa orgánico de quinua entre 2006 al 2010. La base de datos incluye información organizada por zonas (Distrito/Comunidad), organizaciones de productores, nombre del productor, tipo de producción (orgánico/transición), superficie total del predio (has),

área sembrada con quinua (has), procedencia de la semilla (propia/comprada), producción total de quinua (kg) y destino de la producción (venta, autoconsumo, reserva).

Paralelo a lo anterior se revisó, como información secundaria, las carpetas de control de cada productor del programa orgánico de quinua que incluye a) ficha de descripción de la unidad productiva por productor donde consignados datos referidos a número y nombre de parcelas, ubicación según zona de producción -*ladera, pie de ladera, pampa*-, área de la parcela (m²), rotación de cultivos por parcela y campaña agrícola y b) registro de labores diarias, uso de mano de obra, volumen de cosecha, costos de producción.

Una vez depurada la información “no consistente”, se determinó que el universo a analizar incluía la información de 155 agricultores que condujeron actividades productivas en 1057 parcelas, que consiguieron la certificación orgánica para la campaña agrícola 2009-2010 y que venían trabajando en continuidad en el Programa. La información fue agrupada por organización de productores y zonas de producción de los distritos de Cabana, Cabanillas, Cabanilla, Juli, Vilque y Mañazo.

A continuación se diseñó una plantilla en MS Excel para organizar la información secundaria y en función de la BD y las fichas de descripción de la unidad productiva se reconstruyó (mediante análisis retrospectivo) el historial de los diferentes sistemas de rotación de cultivos practicados por los agricultores de las últimas cuatro campañas agrícolas desde, 2006-2007 a la 2009-2010.

Para facilitar el agrupamiento de parcelas por productor, para cada zona se definió los siguientes criterios: a) tipo de producción (orgánico, transición); b) historial de la rotación de cultivos de las últimas cuatro campañas agrícolas, c) cédula de cultivos que considera los cultivos de papa, quinua-cañihua, cebada-avena, haba, alfalfa y descanso (la alfalfa como cultivo plurianual); d) haber sembrado la última campaña papa o quinua. Al final se hizo una depuración de agricultores que en la

BD no se ajustaban a los criterios previamente consensuados.

En base a las consideraciones previas y análisis de la información se consiguió precisar la descripción de las características de los sistemas de rotación de cultivos y la intensificación del cultivo de quinua y las parcelas. El número de parcelas consideradas en el agrupamiento como resultado de la depuración aplicada fue 777 parcelas, lo que representa el 74% del total de la población, tomando en cuenta un criterio básico de que en esas parcelas hayan sido sembradas con papa o quinua en la última campaña agrícola. El restante 26% corresponde a otros sistemas de rotación identificados en la base de datos (Tabla 1).

En el Tabla 1, se resalta al cultivo de papa como “cabecera de rotación”, después del descanso. Ello es bastante claro en los sistemas denominados, para efecto del presente trabajo, como “**tradicionales**”. A continuación comienzan a registrarse secuencias de rotación, donde aún se mantiene el descanso o el inicio con papa; pero se observa que el cultivo de quinua va tomando posición como “cultivo de cabecera” inmediatamente después del descanso, en los denominados tratamientos (**IQ1**). Luego son más notorios los cambios en la rotación y la quinua comienza a ser sembrada varios años secuenciales en

una misma parcela (**IQ2**). Entre estas tres clasificaciones, arbitrarias para efectos del presente trabajo, se encuentra el 68% de las parcelas evaluadas en su secuencia de rotación de cuatro campañas agrícolas.

Existen otros sistemas de rotación practicados por las familias donde se mantiene el descanso, pero por la necesidad de disponer de forraje para su opción productiva ganadera, la cebada o avena son las que “rompen” el ciclo de rotación tradicional (8%).

En otros por la misma prioridad ganadera, la alfalfa es el cultivo que reemplaza al descanso en más de un año (5%). En otros sistemas, la quinua vuelve a aparecer como preponderante en el sistema de rotación, sembrándose en años discontinuos (4,4%) y en otros no se registra el descanso de las parcelas debido a la necesidad de disponer de forraje así como de quinua para la venta (4% y 2% respectivamente).

Finalmente hay un mínimo de parcelas que no presentan un patrón definido (NN) o que manteniendo el descanso, no siguen un patrón tradicional, pero tampoco se evidencia una tendencia hacia la intensificación (1%) o bien las leguminosas (habas o alfalfa) registran el uso del suelo.

Tabla 1. Identificación de 11 Sistemas de Rotación de la Base de Datos (155 productores, 1057 parcelas).

Nº	Año 1 2006- 2007	Año 1 2007- 2008	Año 1 2008- 2009	Año 1 2009- 2010	Sist. de Rotación	Características	%
1	descanso	descanso	descanso	papa	T	Tradicional (T): parcelas que se encuentran en un sistema tradicional, descanso 1 a 3 años y continua con papa, después quinua y luego cereal.	51,5
	descanso	descanso	papa	quinua			
	descanso	descanso	papa	papa			
	descanso	papa	quinua	cereal			
2	descanso	descanso	descanso	quinua	IQ1	Intensificado con cambio en la	12,2

	descanso	descanso	quinua	quinua		rotación con inicio de quinua (IQ1): caracterizado por empezar después del descanso con quinua o cañihua.	
	descanso	descanso	quinua	papa			
	descanso	descanso	cañihua	papa			
3	papa	quinua	quinua	haba	IQ2	Intensificado con cambio en la rotación y dos años de quinua (IQ2): caracterizado porque en dos años seguidos esta la producción de quinua sin tener en cuenta el cultivo anterior	9,8
	descanso	papa	quinua	quinua			
	avena	papa	quinua	quinua			
	haba	papa	quinua	quinua			
4	descanso	cebada	cebada	cañihua	IC	En la rotación después de la época de descanso se inicia con la siembra de un cereal (IC)	7,7
	descanso	descanso	avena	papa			
	descanso	descanso	descanso	avena			
5	alfalfa	alfalfa	alfalfa	haba	A	En mas de un año se repite alfalfa (A): inicia el ciclo de rotación con un cultivo que puede ser haba, papa, quinua	4,9
	alfalfa	alfalfa	alfalfa	papa			
	alfalfa	alfalfa	papa	quinua			
	alfalfa	alfalfa	descanso	papa			
6	papa	quinua	papa	quinua	ISD	Intensificación con cambio de rotación sin descanso (ISD): La parcela no a tenido descanso, además se intensifica el cultivo	4,4
	papa	quinua	cebada	quinua			
7	cebada	avena	cebada	papa	F	Forrajes (F): son parcelas donde se ha cultivado forraje por mas de un año	3,8
	cebada	haba	papa	avena			
8	quinua	avena	haba	papa	IM	Intensificado con cambio en la rotación sin descanso (IM): Identificamos la siembra de una leguminosa, cereal y quinua y de nuevo otro cultivo sin descanso de la parcela	1,9
	papa	quinua	haba	avena			
	haba	papa	quinua	papa			
9	avena	haba	haba	haba	NN	No determinado (N): parcelas donde la rotación no corresponde a una rotación de cultivos usual o no especifica el cultivo	1,7
	haba	quinua	papa	haba			
	descanso	descanso	producción	producción			
10	descanso	papa	quinua	alfalfa	L2	Intensificación sin cambio en la rotación con leguminosa (L2)	1,1
	descanso	papa	quinua	papa			

	descanso	papa	quinua	haba		Sistema en el cual pudo haber descanso pero hay dos años donde se ha sembrado papa y una leguminosa	
	descanso	descanso	alfalfa	alfalfa		Alfalfa, haba (AH): después del descanso de la parcela se inicia con una leguminosa	1,0
11	descanso	descanso	haba	haba	AH		
	descanso	alfalfa	papa	alfalfa			

Fuente: Base de Datos e información secundaria de carpetas del productor de quinua orgánica, CIRNMA.

Nota: **Negrita**=Cultivo considerado como inicio de rotación Alfalfa no es considerado como inicio de rotación por ser un cultivo plurianual

Asimismo se perciben otros tipos de cambios en la rotación como por ejemplo aquellos donde el cultivo de “cabecera” es avena o cebada (IC), lo cual indicaría una tendencia a la priorizar la ganadería por las familias. También se observa cambios, donde el cultivo de haba inicia el ciclo de rotación que nos conduce a pensar en una orientación de mercado diferente.

Con base en el análisis descrito, se plantearon definiciones para cada uno de los sistemas de rotación de cultivos en parcelas de producción de quinua o papas (Cuadro 1). Es así que un sistema de **rotación tradicional (T)** se caracteriza básicamente porque mantiene las parcelas en rotación de cultivo (3 o 4 cultivos) y con descanso de la parcela por un periodo de 1 a 3 años, pudiendo existir siembra de papa por 2 años continuos. Este sistema es el patrón o testigo del estudio.

Un **sistema de rotación intensificado (IQ1)** se caracteriza porque en la parcela existe intensificación de CULTIVO (quinua – papa) con cambio en la rotación e inicio con quinua o cañihua después del periodo de descanso de la parcela, p.e. dos años descanso, sigue quinua, luego papa; dos años descanso, sigue quinua, quinua consecutivos.

Finalmente un **sistema de rotación altamente intensificado (IQ2)** se caracteriza porque en la parcela existe intensificación de “CULTIVO” y “PARCELA”,

con rotación y siembra de al menos 2 a 3 años de quinua (continua o discontinua).

Cada uno de los sistemas de rotación identificados (tradicional, Intensificado y altamente intensificado) a su vez fueron divididos en tres sub sistemas de rotación, a los cuales se les asigno un “código” (A, B y C en cada caso), los mismos que fueron considerados como subsistemas (Cuadro 2, Anexo 1) y fueron seleccionados para posteriores trabajos de investigación en función a los criterios preestablecidos en metodología.

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción de los sistemas de rotación

En función a la información de la base de datos y el análisis de la información secundaria se logró reconstruir el historial de los diferentes sistemas de rotación de cultivos practicada por los agricultores en el periodo 2006 y 2010.

Se identificaron hasta 11 sistemas de rotación de cultivos (Cuadro 1) en parcelas con certificación orgánica, de los cuales fueron priorizados los tres primeros porque nos permitían visualizar las tendencias en los cambios espaciales de los sistemas de rotación con parcelas en descanso, papa, quinua y cereales

Con la información que se muestra en el cuadro 1, pudimos:

Monitorear los cambios en la rotación tradicional de cultivos a una intensificación del cultivo de quinua y las parcelas dentro de los sistemas de rotación. La información muestra que todavía hay un porcentaje importante de parcelas conducidas bajo el sistema de rotación tradicional (51,5%). En la “cabecera de rotación” es papa, el segundo año quinua, tercer año cereal y cuarto año descanso (1 a 3 años). CLADES (1992) sostiene que el efecto rotacional se refiere al hecho de que la mayoría de las rotaciones aumentaran los rendimientos de granos a niveles superiores a los obtenidos mediante cultivo continuo bajo similares condiciones.

Por otra parte se resalta sistemas que pueden ser una alternativa en el manejo de la rotación de cultivos y parcelas, como es el caso de los sistemas: A, NN, AH que representa un 7,6% (Cuadro 1). En estos sistemas se tiene como cultivo la siembra de leguminosas como haba o alfalfa (este último considerado como cultivo plurianual). Las leguminosas, en una rotación, ayudan a incorporar nitrógeno atmosférico al suelo, en cantidades que están en función de la leguminosa (70-198 kg/ha/año con alfalfa, y 158-223 kg/ha/año con habas) y del sistema de manejo que pueden asegurar altos rendimientos de granos (CLADES, 1992). Con la práctica de las familias de incorporar residuos de cosecha, se complementa la cantidad de materia orgánica y consecuentemente se puede mejorar la productividad del cultivo. Estos tipos de rotación deberán ser motivo de un seguimiento de mediano.

Los sistemas de rotación identificados como IC, ISD, F, IM, L2 (19,9%, en conjunto) muestran parcelas sin

descanso durante las cuatro últimas campañas. Por tanto existe una intensificación de parcela y el cultivo o se tienen parcelas donde después del descanso se inició con un cereal (cebada-avena). Estas últimas se caracterizan por extraer (al igual que la quinua), una cantidad considerable de nitrógeno y nutrientes en general (Tapia, 1990; Orsag 2009). En este sentido, si la intensificación se mantiene, los suelos seguirán siendo empobrecidos, lo cual al parecer aun no es percibido por las familias de la zona en estudio.

Por otra parte pudimos vincular la intensificación de quinua y de parcelas en la rotación de cultivos con indicadores de la salud del sistema productivo (suelos, plagas-enfermedades), también a productividad y sus efectos en la seguridad alimentaria familiar.









































Mediante criterios preestablecidos se ha priorizado la identificación de tres diferentes sistemas de rotación:

- 1) Tradicional = T;
- 2) Intensificado = IQ1 y
- 3) Altamente intensificado = IQ2,

y son parcelas donde necesariamente han sido sembradas con la cedula de cultivos de papa, quinua (cañihua), cereal (cebada-avena), leguminosa (haba, alfalfa) y descanso de la parcela por 1 o 3 años (Tabla 2).

Esto nos permitió evaluar si distintos niveles de intensificación de la rotación de quinua están teniendo efectos adversos en el sistema productivo familiar y su sostenibilidad.

Tabla 2. Identificación de tres sistemas y nueve subsistemas de rotación de cultivos

Sistema de Rotación	Definición	Código	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Nº de parcelas
Tradicional	Existe rotación de cedula de cultivo (3 o 4 años) con descanso (1 a 3 años), puede existir dos años de tubérculo	TA					213
		TB					250
		TC					23
IQ1	Existe intensificación de cultivo (quinua-papa) con cambio en la rotación después del descanso de la parcela	IQ1A					65
		IQ1B					39
		IQ1B					15
IQ2	Existe intensificación de CULTIVO y PARCELA, con rotación y siembra de al menos 2 o 3 años de quinua (continua o discontinua)	IQ2A					68
		IQ2B					15
		IQ2C					31
	Descanso (parcela sin sembrar)		Parcela sembrada con quinua				
	Parcela sembrada con papa		Otro cultivo (tubérculo, cereal o leguminosa)				

CONCLUSIONES.

- La descripción y clasificación desarrollada es preliminar y será mejorada conforme se obtengan mayor cantidad de datos (información de los sistemas de rotación de parcelas) en el tiempo respecto al manejo de parcelas de los productores del programa orgánico.
- La descripción es útil como se muestra en el ejemplo para establecer estudios sobre el incremento de la frecuencia de siembra de quinua en la rotación de parcelas y cómo influyen sobre factores como: suelos, plagas y enfermedades e incluso relacionado a la seguridad alimentaria de las familias productoras.
- Ya hay evidencias respecto a las tendencias de la intensificación del cultivo y la parcela en los sistemas de rotación tradicionales. Al analizar los cambios en los sistemas de rotación de cultivos por parcela y productor de quinua, se ha evidenciado que los agricultores están sembrando como cabecera de rotación quinua. Existen agricultores que están sembrando quinua por 2, 3 y en casos extremos 4 campañas agrícolas seguidas en una misma parcela.
- En el supuesto de seguir la tendencia hacia la dinámica de intensificación del cultivo o las parcelas en forma inadecuada, esto no solo por la falta de conocimiento de muchos agricultores, sino por la ausencia de planes de manejo de suelos, a mediano plazo ocasionaría que los sistemas frágiles del altiplano peruano se vean afectados negativamente especialmente en su productividad y sostenibilidad.
- En este contexto, el panorama es variable y por ello fue importante continuar analizando las diferentes opciones que los productores vienen desarrollando y que consecuencias a futuro (positivas o negativas), tendrían estas variaciones. Porque los productores de quinua manejan sus parcelas con una intensidad de uso de suelo bastante diferenciador.
- Por lo tanto existe la oportunidad de monitorear estos cambios y sus consecuencias en aspectos importantes de la sostenibilidad del sistema y lo estamos haciendo.

AGRADECIMIENTOS

A los profesionales que iniciaron el trabajo de recopilar la información en el programa orgánico de quinua, Vicente Choquehuanca, Lucio Torres. Asimismo los colegas que dedicaron su tiempo para la revisión del documento, por su aportes y sugerencias gracias a Sven Vanek, Raúl Saravia, Ernesto Veres, Carlos Barahona, Claire Nicklin, y Carlos Pérez.

Un estudio más amplio estuvo auspiciado por el Programa Colaborativo de Investigación de Cultivos de la Fundación Mcknight en convenio con el CIRNMA, el Proyecto “Perspectivas de la Sostenibilidad de la producción consumo de quinua en el altiplano peruano”.

BIBLIOGRAFIA

- Astudillo Damiana. 2007. Evaluación del rol de la quinua en el sustento de los hogares del Altiplano Sur Boliviano: Un estudio de caso en los Municipio de Salinas y Colcha K. con el apoyo del Congressional Hunger Center, Fundación PROINPA y Bioersity International. Washington, DC. Noviembre 2007.
- Banco Central de Reserva del Perú. Cotización cambiaria diaria. Tomado de: www.bcrp.gob.pe, (Accesado el 30 de mayo 2012)
- CLADES (Editor). Santiago de Chile, 1992. Revista Agroecológica y Desarrollo N° 4. Sistemas Agrícolas alternativos. En Manejo Ecológico del suelo. 1997. CLADES-CIED. Lima-Perú.
- Cari, A. S. Salcedo. 2011. Clasificación taxonómica de suelos en tres zonas de producción de quinua con diferentes grados de rotación de cultivos. En: Reporte de Avance del primer año Proyecto “Perspectivas de la sostenibilidad de la producción consumo de quinua en el altiplano peruano” convenio CIRNMA - Fundación Mcknight, Puno, Perú.

- Cama, F. 1991. Desarrollo Rural: Posibilidades y limitaciones en Puno. (INIAA-PISA, ACIDI, CIID). Perú.
- CIRNMA, 1997. Enfrentando el reto del Altiplano. Una perspectiva del Altiplano y del poblador andino. CIRNMA-CONDESAN/CIP. Lima, Perú.
- Carter, W. y M. Mamani. 1982. Irpa Chico. Individuo y comunidad en la cultura aymara. La Paz, Bolivia.
- Fundación PROINPA. 2004. Estudio de los impactos sociales, ambientales y económicos de la promoción de quinua en Bolivia. Rojas, W.; JL Soto y E. Carrasco (Editores). Disponible en http://www.understilted-species.org/Documents/PUBLICATIONS/quinua_case_study_es.pdf. (Accesado el 10 de junio 2011).
- Jaldin Rossmary. 2010. Producción de quinua en Oruro y Potosí. Programa de Investigación Estratégica en Bolivia. Programa de Investigación Ambiental. Fundación PIEB. La Paz, Bolivia.
- Herve, D. 1994. Desarrollo Sostenible en los Andes altos los sistemas de cultivo con descanso largo pastoreado. En: Dinámicas del descanso de la tierra en los Andes. 1994. D. Herve, D. Genin, G. Riviere (Eds). IBTA - ORSTOM, La Paz, Bolivia
- Medrano Ana Maria; Torrico Juan Carlos. 2009. Consecuencias de incremento de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano sur de Bolivia. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria CIENCIAAGRO I* Vol. 1 N° 4. 117-123 pp. La Paz, Bolivia.
- Nicklin Claire y Melinda Smale. 2008. Respuestas de los Agricultores Andinos: Incrementos de precios, conmociones climáticas, e Inversiones Agrícolas locales. Perspectivas desde los Andes. Programa Colaborativo de Investigación de Cultivos Andinos de la Fundación McKnight.
- PISA. 1988. Zonas agroecológicas y zonas homogéneas de producción en el altiplano de Puno. Informe anual En: *Sistemas agropecuarios en el altiplano. Avances de un proyecto de Investigación*. Juan Palao (Editor) 1990. Resumen del informe anual 188-1989. INIAA-PISA, Puno, Perú.
- Tapia, M.E. 1990. Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO, Santiago de Chile, Chile.
- Tapia, M. E. y A.M. Fries. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO YANPE. Lima.
- Mesa de Trabajo – Producto Quinua. 2012. Reuniones mensuales. Puno, Perú.
- Orsag, V. 2009. Degradación de suelos en el altiplano boliviano causas y medidas de mitigación. *Journal Analisis-AGRARIO – ISSN 1999-6233*. Vol. 1, N° 3. pp. 27-30. La Paz, Bolivia.

RELACIÓN DEL C SOLUBLE CON LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN ALFISOLES, MÉXICO

Relationship between soluble C and Nitrogen Mineralization at Alfisols, Mexico

Avilés Marín, S.^{1*} Galvis Spinola, A.² Faz Cano, A.³ Soto Ortiz, R.¹ López López, A.¹ Escoboza García, F.¹ Cárdenas Salazar, V.¹ Román Calleros, A.¹ Escobosa García, I.¹ Araiza, D.¹ Hernández Zavalza, C.¹

¹ Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas.
Carretera Blvd. Delta s/n, Ej. Nuevo León, CP 21705 Mexicali BC, México.

² Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Campus Montecillo, Estado de México, México

³ Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria, España.

* Autor para correspondencia, e-mail: monica_aviles@uabc.mx

RESUMEN

El uso eficiente y máximo beneficio de la aplicación de los residuos orgánicos puede obtenerse con un mejor entendimiento de los factores que afectan los procesos de descomposición y liberación de nutrientes, así como de su medición rápida y eficaz. En la presente investigación se evaluó la relación del C soluble con la mineralización del nitrógeno de residuos orgánicos aplicados en Alfisoles, del estado de Campeche, México. La descomposición del material orgánico se midió en suelos con diferente manejo, mezclados con alfalfa (*Medicago sativa* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) a dosis de 20 ton de materia seca ha⁻¹, e incubados en el laboratorio durante 80 h. La concentración de NO₃⁻ y el C soluble fueron mayores en los suelos adicionados con alfalfa respecto a los adicionados con paja de trigo. A ambas determinaciones se incrementaron al disminuir la relación C/N del material adicionado, lo cual se atribuyó a la composición bioquímica del residuo. El C soluble fue mayor en el Alfisol con vegetación natural (selva mediana) y el menor en el Alfisol con uso agrícola (cultivo de sorgo y yuca). Estos resultados reflejan el uso y manejo del suelo, siendo en la selva mediana donde se infiere existe un mayor contenido de reserva orgánica. El C soluble describió una relación de tipo cuadrática con la concentración del nitrógeno mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺). El C soluble es una herramienta factible de utilizarse como indicador de la mineralización del nitrógeno.

Palabras clave: Alfisoles, Descomposición, Nitrógeno mineral, *Medicago sativa* L., *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

Efficient use and maximum profit of organic residues can get with a best understanding of the processes that lead its dynamics. Its low cost and less time of this measure is also important. In this research, we evaluated the soluble C and nitrogen (N) mineralization of crop residues, and the relationship between them. Decomposition was measured in Alfisols from Campeche, México, under different managements, mixed with alfalfa (*Medicago sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) in doses of 20 ton of dry matter per ha⁻¹, and incubated in the lab for 80 h. The amount of soluble C was higher in soils where alfalfa was applied, than in the ones where wheat straw was applied. Regarding the management of soil, soluble C was higher (p<0.05) in an Alfisol with jungle medium (SM1) and lowest in an Alfisol with sorghum and yucca (S, and Y). These results prove that in Alfisols with crops, less protection of organic matter takes place and as a consequence less organic reserve is present. We conclude that C soluble is a useful measure of N mineralization under the conditions of this experiment.

Keywords: Alfisols, Decomposition, Mineral nitrogen, *Medicago sativa* L., *Triticum aestivum* L.

INTRODUCCIÓN

A fin de incrementar y en su caso mantener el contenido de reservas orgánicas del suelo, se ha promovido el uso de insumos orgánicos por el efecto positivo que esto conlleva, como es el caso del incremento de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, mayor resistencia contra la erosión, y aporte nutrimental edáfico, entre otros (Tate, 1987). El uso eficiente los residuos orgánicos puede obtenerse con un mejor entendimiento de los factores que afectan los procesos de descomposición y liberación de nutrimentos, a través del estudio de la interacción del residuo orgánico y el suelo.

La mineralización del nitrógeno de los residuos orgánicos, es un proceso que para cuantificarlo requiere en ocasiones de períodos prolongados de tiempo, por ejemplo, cuando se realiza a través de incubaciones bajo condiciones controladas. La determinación del C soluble se realizó a fin de obtener un indicador de rápida y practica medición de las reservas contenidas en el suelo, ya que este se relaciona con las reservas orgánicas activas que varían según la cantidad y calidad del material orgánico presente, como mencionan Fox y Piekielek (1978). Sin embargo, el uso de esta herramienta ha sido escasamente estudiada. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la relación del C soluble con la mineralización del nitrógeno en Alfisoles, del estado de Campeche, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron muestras de seis suelos procedentes del estado de Campeche con diferente uso y manejo (agrícola, forestal y vegetación natural) (Cuadro 1). Los suelos fueron clasificados de acuerdo a la USDA (2006). De cada suelo se tomaron muestras compuestas de 0 a 20 cm de profundidad, formadas por 10 submuestras cada una. Las muestras fueron secadas al aire bajo sombra, molidas y tamizadas en malla de 2mm. El pH se midió con el método potenciométrico, 1:2 H₂O, la

conductividad con un conductímetro, relación 1:5 (v/v), reposando la sus pensión por 24 h (Cuadro 1).

Los residuos que se utilizaron fueron alfalfa (*Medicago sativa*) quees de calidad labil (relación C/N 13), paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) de calidad estabilizada (relación C/N de 77), y una mezcla de ambos de calidad intermedia (relación C/N de 24). Estos residuos fueron previamente secados a 65°C, molidos y tamizados en malla 40. La cantidad que se aplicó de cada residuo fue a una dosis equivalente a 20 t ha⁻¹ de materia seca. Los análisis realizados fueron N total por el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965), C orgánico por digestión húmeda por el método de Walkey y Black (Nelson y Sommers, 1982), y la proteína fue estimada de manera indirecta a partir del contenido de N total (Macro-Kjeldahl) (AOAC, 1975). El contenido total de fibras (hemicelulosa, celulosa y ligninas) se determinó por el procedimiento de fibra detergente neutro y ácido (Van Soest, 1963).

Las muestras de suelo fueron puestas a incubar *in vitro* con un contenido de humedad del 65% de capacidad de campo y a temperatura de 30°C por el método de Isermeyer (1952, citado por Alef, N. 1995) modificado por Avilés (2000), durante 80 horas.

Al finalizar el período de incubación, se realizó una extracción para medir los nitratos (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺) y C soluble. Para ello se adicionaron 20 mL de CaCl₂ 0.01M a los frascos de incubación, se agitaron por 15 minutos, el extracto se filtró en papel del No. 42 y se procedió a la lectura. Los nitratos y amonio se midieron con un electrodo de ion selectivo (pH/mV, Coulter Beckman) en unidades de milivolts (mV). Se utilizó una curva de calibración a fin de obtener para cada a valor de mV la concentración en ppm del ion analizado. El C soluble se midió en absorbancia a 360 nm de longitud de onda en un espectrofotómetro (Spectronic 20⁺ Milton Rey).

Cuadro 1. Clasificación y uso de los suelos

	Clasificación del suelo USDA	Uso del suelo	Clave	RESULTADOS Y DISCUSION
	Kandiudalf	Cultivo de sorgo (S)	S	
	Kandiudalf	Pastizal (P)	P	
Los suelos presentes	Kandiudalfs	Cultivo de yuca (Y)	Y	n valores de pH entre 5 y 8. La conductividad eléctrica fue igual o menor a 1 dS m ⁻¹ .
	Kandiudalf	Cultivo de cedro rojo (CD)	CD	
	Typic Ferrudalf	Selva mediana (SM)	SM1	
	Typic Ferrudalf	Selva mediana (SM)	SM2	

El contenido total de fibras fue determinado por el procedimiento de fibra detergente neutro y ácido (Van

Soest, 1963) que se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Caracterización de los residuos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y paja de trigo (*Triticum aestivum* L.)

Residuo Orgánico	C Orgánico %	N %	C:N	Proteína %	Fibras* %	Hemicelulosa %	Celulosa %	Lignina %
Alfalfa	44.68	3.35	13	20.9	27.4	1.7	21.2	4.5
Wheat	46.00	0.60	77	3.8	71.1	23.1	39.6	8.4

*Porcentaje of fibras (hemicelulosa +celulosa + lignina)

Cuadro 3. Carbono (C) soluble y nitrógeno mineralizado (NO_3^- y NH_4^+) en Alfisoles

Uso del Alfisol	Residuo	C soluble absorbancia a 360 nm	NO_3^- $\square \text{ g g}^{-1}$	NH_4^+ $\square \text{ g g}^{-1}$	NO_3^- + NH_4^+ $\square \text{ g g}^{-1}$
Sorgo	Alfalfa	0.05	25.3	1.03	26.4
Pradera	Alfalfa	0.07	60.6	0.08	60.7
Yuca	Alfalfa	0.04	24.5	0.49	25.0
Cedro	Alfalfa	0.12	53.3	0.01	53.4
Selva Mediana 1	Alfalfa	0.18	128.3	0.00	128.3
Selva Mediana 2	Alfalfa	0.10	21.4	0.13	21.5
Sorgo	Alfalfa+Trigo	0.02	5.7	0.87	6.5
Pradera	Alfalfa+Trigo	0.05	11.6	0.23	11.8
Yuca	Alfalfa+Trigo	0.03	9.7	0.59	10.3
Cedro	Alfalfa+Trigo	0.11	21.5	0.01	21.6
Selva Mediana 1	Alfalfa+Trigo	0.18	95.6	0.02	95.6
Selva Mediana 2	Alfalfa+Trigo	0.08	16.8	0.42	17.2
Sorgo	Trigo	0.02	2.7	6.83	9.6
Pradera	Trigo	0.04	6.1	0.07	6.1
Yuca	Trigo	0.03	2.4	1.03	3.4
Cedro	Trigo	0.09	10.5	0.01	10.5
Selva Mediana 1	Trigo	0.15	93.7	0.01	93.7
Selva Mediana 2	Trigo	0.04	17.0	0.46	17.4

Al finalizar el período de incubación, el C soluble y la concentración de N-NO_3^- ($\mu\text{g g}^{-1}$) varió en función de la calidad del residuo y manejo del suelo (Cuadro 3).

La concentración de los NO_3^- se incrementó a medida que disminuyó la relación C/N del residuo orgánico aplicado. Esto fue debido a la composición bioquímica del residuo labil facilita la degradación de los compuestos por la biomasa microbiana, incrementando la concentración de NO_3^- en el suelo.

Respecto al manejo de suelo, la mayor concentración de NO_3^- ($128.3 \mu\text{g g}^{-1}$) se obtuvo con el uso de vegetación natural (selva mediana l) adicionado con alfalfa, lo cual reflejó la magnitud del proceso de descomposición. En cambio, la menor concentración de NO_3^- ($0.1 \mu\text{g g}^{-1}$) se registró en los suelos con uso agrícola (sorgo) y forestal (yuca) adicionados con paja de trigo, donde hubo menor actividad de descomposición.

En el caso del NH_4^+ , las concentraciones estuvieron por abajo de $7 \mu\text{g g}^{-1}$. En el suelo cultivado con sorgo se registró la mayor concentración NH_4^+ , con $6.83 \mu\text{g g}^{-1}$, en comparación al resto de los suelos. Esto indica que la concentración de NH_4^+ , derivado de la descomposición de los materiales aplicados, se transformó en su mayor parte a nitratos.

Similar a la tendencia de los NO_3^- , la concentración del C soluble fue afectada por la calidad de residuo aplicado, ya

que con la adición de residuo de alfalfa se incrementó la concentración de C soluble, en comparación a los otros materiales (mezcla de alfalfa con paja de trigo, y trigo) que son más estabilizados.

Relación del N mineral con el C soluble

En la figura 2 se observa que la concentración de los NO_3^- se incrementa con el incremento del C soluble, mientras que el NH_4^+ decrece. La concentración de los NO_3^- fue de alrededor de $100 \mu\text{g g}^{-1}$, mientras que la del NH_4^+ fue de $10 \mu\text{g g}^{-1}$. Chantigny et al. (1999) reportan resultados similares y mencionan que la disminución en el contenido de N en forma de NH_4^+ se asoció consistentemente con un incremento en el contenido del C orgánico soluble.

En la Figura 3 se indica la relación del C soluble con el N mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) obtenidos en los suelos al finalizar la incubación.

Se observa que la variación del C soluble describe una relación cuadrática con la concentración del N mineral ($R^2=0.8384$). Por ello, el C soluble resulta viable para utilizarlo como un indicador, de bajo costo y rápida determinación, de la mineralización de los materiales orgánicos que son adicionados al suelo.

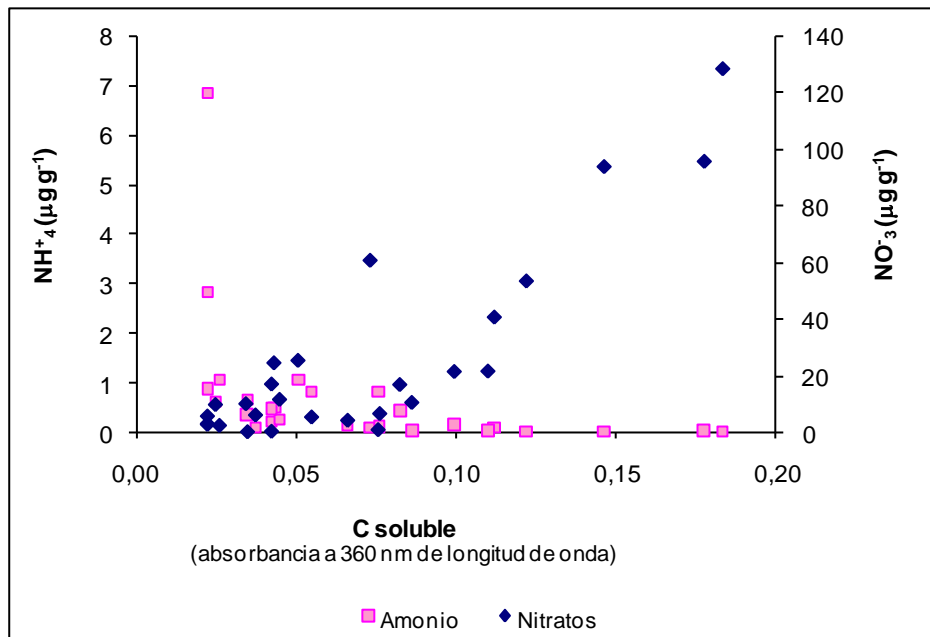


Figura 2. Relación del carbono soluble con el nitrógeno mineral (NO_3^- y NH_4^+)

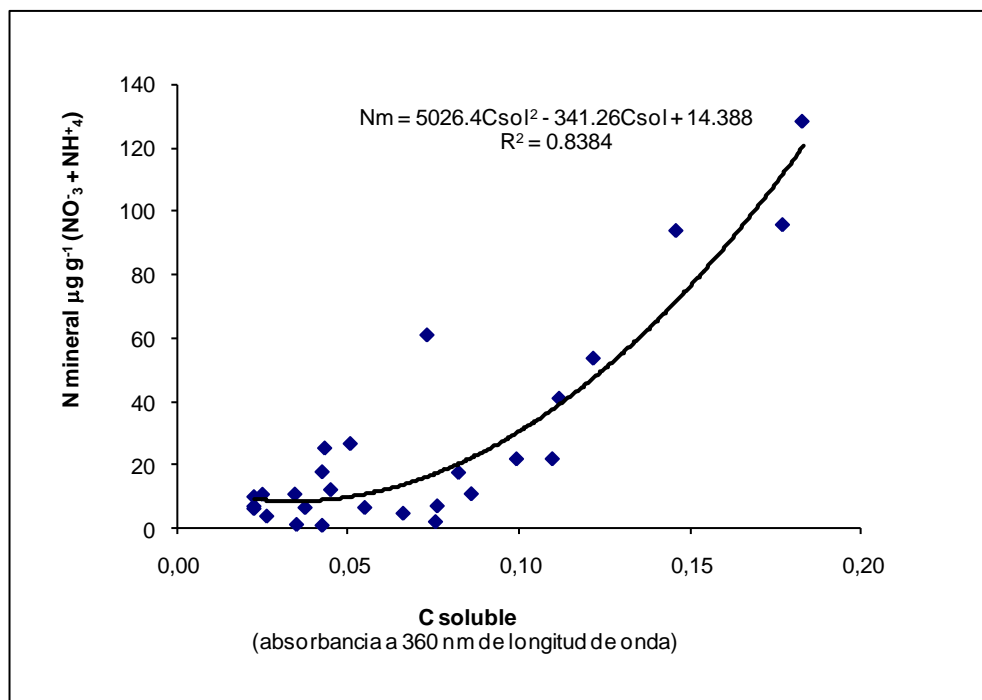


Figura 3. Relación del carbono (C) soluble con el nitrógeno mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$)

CONCLUSIONES

La concentración de NO_3^- y el C soluble se incrementan al disminuir la relación C/N del material orgánico adicionado. Ambas determinaciones varían por la calidad del residuo orgánico adicionado. El Alfisol con vegetación natural (selva mediana 1) presentó las mayores concentraciones de C soluble (0.18) y NO_3^- , (128.3, 95.6 y 93.7). El C soluble describió una relación de tipo cuadrática con la concentración del nitrógeno mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$). El C soluble es una herramienta factible de utilizarse como indicador de la mineralización del nitrógeno.

BIBLIOGRAFIA

ALEF, K. 1995. Respiration Soil. In: Alef, K. and Nannipieri, P. Eds. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press. Great Britain. 576 pp.

AOAC.1975. Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis. 12th Edition, Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.

AVILÉS, M.S.M. 2000. La respiración del suelo como indicador de la mineralización de las reservas orgánicas edáficas activas en suelos calcáreos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

BREMNER, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen, pp. 1179-1237. In: Black, C.A. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy Monograph. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

FOX, H.R. and Piekielek, P.W. 1978. A rapid method for estimating the nitrogen-supplying capability of soils. Soil Science Society of American Journal 42:751-753.

NELSON, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total Carbon, organic carbon and organic matter. Pp 539-579 en: Page, A.L, Miller DH (Keeney Eds.) Methods of Soil Analysis, ASA, SSSA, Madison, WI, USA.

TATE, R. 1987. Soil Organic Matter. Biological and Ecological Effects. John Wiley, USA. 291 pp.