

ISSN 2070-836X

APORTE SANTIAGUINO

Revista de Investigación

Volumen 5 n.º 1, enero – junio 2012

*Ciencia,
cultura,
tecnología
e innovación*



Huaraz, Perú



ARTÍCULOS ORIGINALES

Resistencias y costos unitarios de concretos elaborados con agregado grueso, piedra partida y canto rodado de la cantera Tacllán. [Resistance and costs unit of concrete produced with thick broken stone coarse aggregate and boulder from the quarry Tacllán].....	9
<i>Victor Raúl Villegas Zamora, Miguel Ronald Corrales Picardo</i>	
Modelos de las Intensidades – Duraciones y Frecuencias de las Tormentas en la estación Meteorológica Yanacancha San Marcos (Huari – Ancash). [Models of Intensity – Duration and Frequency of the Storms in Yanacancha Meteorology Station(Huari – Ancash)].....	14
<i>Toribio Marcos Reyes Rodríguez</i>	
Aplicación de técnicas difusas en las metodologías matriciales de la evaluación de impacto ambiental. [Application of fuzzy techniques in the matrix methodologies of environmental impact assessment].....	19
<i>Pedro Valladares Jara</i>	
Elaboración de instrumentos basados en el aprendizaje social para el proceso de extensión de educación ambiental en el ámbito de la comunidad campesina de Cátac, Ancash Perú, 2011. [Development of instruments based on social learning for the extension process of environmental education in the area of rural community Cátac, Ancash Perú, 2011].....	28
<i>Eladio Guillermo Tuya Castillo, Heraclio Fernando Castillo Picón, Jerónimo Víctor Manrique, Rosa Rodríguez Anaya</i>	
Evaluación del contenido de Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc en los suelos fluvisoles del Callejón de Huaylas entre los 1800 y 3 700 msnm, Ancash, Perú, 2011. [Evaluation of copper, iron, manganese and zinc content in the fluvisols of Callejón de Huaylas between 1800 and 3700 m.o.l, Ancash, Perú, 2011].	36
<i>Juan F. Barreto R. y Gelar I. Huaytalla T.</i>	
Efecto de la pobreza en la degradación de los recursos naturales focales del Parque Nacional Huascarán. [Effect of poverty in the degradation of natural resources focus Huascarán National Park] ..	43
<i>Francisco Huerta B., Denis Mendoza R.</i>	
El lugar antropológico como variable fundamental para el desarrollo de la identidad cultural. [The anthropological place like fundamental variable for the development of cultural identity].	53
<i>Jorge Brower B.</i>	
Segregación en aves insectívoras con base en la morfometría del pico y la longitud total. [Segregation in insectivorous birds based on morphometry beak and the total length] ..	60
<i>César Chávez-Villavicencio, Carolina Sáenz-Bolaños y Manuel Spínola-Parallada</i>	

Proceso metalúrgico alternativo para la minería aurífera artesanal. [Alternative process for metallurgical artisanal gold mining].	68
<i>Vidal Aramburú R; Julián Pérez F; Pablo Núñez J; Ángel Azañero O; Sósimo Fernández S; Pedro Gagliuffi E; Pilar Áviles M; Sally Sedano A; Carlos Rivera R; Luis Sánchez Q.</i>	
Situación actual e importancia de las comunidades macrotérmicas y/o xerofíticas de la zona de Cupisnique. La Libertad, Perú, 2010. [Current status and importance of macrothermal and/or xerophytic communities in the area of Cupisnique. La Libertad, Peru, 2010].	74
<i>Freddy Mejia Coico, José Mostacero L., Luis Taramona R., Fernando Castillo P., José Vera R.</i>	
Modernización y festividades religiosas en la zona andina de Huaraz: el caso de Cóyllur, Paria y Unchus. [Modernization and religious festivities in Huaraz's andean zone: cases Coyllur, Paria and Unchus].	86
<i>Guillermo Gomero C., Dany Paredes A, José Yovera S.</i>	
El Decreto Legislativo N° 882 y la desnaturalización de la Universidad. [Article on the denigration of University Education].	94
<i>José Clemente Flores Barboza</i>	

Evaluación del contenido de cobre, hierro, manganeso y zinc en los suelos fluvisoles del Callejón de Huaylas entre los 1800 y 3 700 msnm, Ancash, Perú, 2011

Evaluation of copper, iron, manganese and zinc content in the fluvisols of Callejón de Huaylas between 1800 and 3700 meters above sea level, Ancash, Perú, 2011

Juan F. Barreto R.^{1a}, y Gelar I. Huaytalla T.^{1a}

RESUMEN

Los suelos Fluvisoles están localizados principalmente en las riberas del río Santa y constituyen las áreas productivas más importantes. En estos suelos se instalan cultivos de exportación como flores, frutales, hortalizas y también algunos cultivos alimenticios. Hasta ahora, en estos suelos no se ha realizado estudios referidos a microelementos, los cuales podrían ser los responsables de los bajos rendimientos o de la baja calidad de los productos. Por eso, con este estudio se plantea conocer en qué medida varía el contenido de micro elementos, a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Para ello se determinaron 6 zonas de muestreo distantes una de otra a 400 m de altura, que van desde Mato ubicado a 1800 m.s.n.m., hasta Cátac ubicado éste último pueblo a 3700 m.s.n.m. En cada una de las muestras se tomaron cuatro muestras de suelos a una profundidad de 0-25. Se analizaron los micro elementos y parámetros de fertilidad. Los resultados del trabajo demuestran que los suelos Fluvisoles del Callejón de Huaylas tienen alta disponibilidad de micro-elementos estudiados (Cu, Fe, Mn y Zn). También, se determinó la existencia de correlaciones negativas entre la altura sobre el nivel del mar y el pH del suelo, así como también entre el pH del suelo y el contenido de micro-elementos.

Palabras clave: Fluvisoles, suelos, micro elementos.

ABSTRACT

Fluvisols soils are located mainly in the river banks of the Santa River and are the most important areas for agricultural production. In these soils are installed export crops such as flowers, fruit, vegetables and some food crops. So far in these soils have not been conducted studies concerning micro elements, which could be responsible for the low yields or poor quality products. So with this study is aimed at ascertaining the extent to which content varies micronutrients in the soils, Sierra place, at different heights above sea level.

We identified 6 sampling areas distant from one another at 400 m high ranging, starting in Mato located at 1800 m and ending in Catac at 3700 meters above sea level. In each of them we took four soil samples at depths of 0-25 cm. Here were analyzed trace elements and fertility parameters. The results of the study demonstrate that Fluvisols of the Callejon de Huaylas have good availability of micronutrients. It also has established the existence of negative correlations being the height above sea level and soil pH and also between soil pH and content of trace elements.

Key words: fluvisoles, soils, micro nutrients

¹ Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

^a Ingeniero Agrónomo

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los cultivos comerciales del Callejón de Huaylas se encuentran localizados en la ribera del río Santa, especialmente en la parte baja del ámbito de estudio, en donde están ubicadas las plantaciones de frutales (palto, melocotón, lúcumo y otros), cultivos de exportación como flores y holantao (arvejita china), alcachofa, además de cultivos anuales como maíz y papa. Los frutales son las especies que más requieren de micro elementos para su normal crecimiento y desarrollo y para obtener la calidad de la producción.

Cabe mencionar que en el Callejón de Huaylas, a la fecha no se había realizado aún estudios sobre la disponibilidad de microelementos en los fluvisoles, nutrientes que podrían ser la causa de los bajos rendimientos o de la baja calidad de los productos. Por eso, con este estudio se planteó como objetivo conocer el contenido de los micronutrientes Cu, Fe, Mn y Zn en estos suelos y en qué medida varía éste a diferentes alturas sobre el nivel del mar; así como también establecer algunas correlaciones simples y múltiples entre las variables. Estamos seguros que los resultados de este estudio contribuirán en forma importante con los productores de frutas y cultivos de exportación del ámbito de estudio, puesto que conociendo el contenido de oligoelementos en los suelos, se podría recomendar la aplicación complementaria de éstos, si el caso lo amerita y en las dosis apropiadas, a fin de obtener una producción de calidad.

Mc Aruani, EE Sanchez (2004) en sus estudios de los suelos aluviales realizados en el Alto Valle del Río Negro (Argentina), encontraron que la deficiencia de Zn en los frutales es generalizada. Encontraron también una relación positiva entre el pH y el manganeso intercambiable ($R^2 = 0.72$) y la materia orgánica y el fósforo en la fracción unida a la MO ($R^2 = 0.95$). De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se puede inferir que la incorporación de materia orgánica y fertilizaciones químicas a base de fósforo a los suelos favorecen la redistribución del Zn, Mn, Cu y Fe a formas químicas más disponibles para las plantas. Así mismo según Roca, N et al (2007), el porcentaje de materia orgánica es el factor determinante en la presencia y distribución de los micronutrientes en el suelo, siendo el horizonte superficial el de mayor acumulación. Sin embargo Volmer y Ratto (2005), encontraron contenidos muy por encima de los límites críticos en todos los suelos estudiados de Argentina; así mismo Cruzate et al (2006) encontró

una cantidad alta ($2,13 \text{ mg kg}^{-1}$) para Cu; alta ($94,72 \text{ mg kg}^{-1}$) para Fe y media ($85,38 \text{ mg kg}^{-1}$) para Mn.

De otro lado Roca, N et al (2004) encontró que en suelos carbonatados y salinos la disponibilidad de los micro elementos no depende únicamente de los contenidos elevados de metales totales sino también de parámetros edáficos que controlan la fuerte adsorción en los coloides. Los suelos del Departamento de Fray Mamerto Esquiú presentan una deficiencia considerable de Fe y Zn con más del 70% de los suelos considerados deficientes o pobremente provistos. Entre los elementos esenciales figuran los macroelementos (N, P, K, Ca, Mg y S) y los microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Co y Cl), llamados así éstos últimos, porque las plantas los requieren en cantidades sumamente pequeñas; pero no por ello dejan de ser importantes, porque desempeñan funciones relevantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Fancelli, Al. 2006). Cabe mencionar que los diferentes cultivos tienen diferentes exigencias en cobre y por eso la interpretación puntual debe relacionarse con el tipo de cultivo (Sims & Johnson, 1991). El nivel crítico del cobre disponible en los suelos es de 0,2 ppm. Kruger et al (1985) definieron 0.2 a 0.4 mg kg^{-1} de Cu DTPA como rango marginal y mayor de 0.4 mg kg^{-1} como suficiente en pasturas de Satkatchewan.

El rango crítico de Hierro disponible es de 5 mg kg^{-1} (Sims & Johnson, 1991). Según este mismo autor, el rango crítico para el manganeso disponible en los suelos se encuentra entre 3 a 5 ppm. Por debajo de estas cifras se presentan deficiencias en los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos materia del estudio se encuentran localizados en la ribera del río Santa, zona sierra, en el denominado Callejón de Huaylas, en Ancash, Perú.

El clima de la zona varía desde templado en la parte baja del ámbito de estudio, con una temperatura promedio anual de 18°C y precipitaciones de 700 mm anuales, hasta frío en la parte más alta con una temperatura promedio anual de 8°C y precipitaciones en el orden de 900 mm anuales.

Se establecieron 6 zonas de muestreo distantes una de otra a 400 m de altura, que van desde Mato ubicado a 1800 m.s.n.m., y pasando por Cañasbamba (2200), Tinco (2600), Huaraz (3050), Recuay (3450), hasta Cátac ubicado a 3700 m.s.n.m. En cada una de ellas se tomaron cuatro

muestras de suelos a una profundidad de 0-25 cm (los suelos aluviales del Callejón de Huaylas son relativamente jóvenes y presentan una estructura AC). Cada muestra consistió en un kilogramo de suelo aproximadamente; las muestras se llevaron al Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), en donde fueron secadas, luego se realizó la preparación del suelo utilizando el molino dispersador y haciéndolo pasar por un tamiz de 2 mm de diámetro; de esa manera las muestras quedaron listas para los análisis de los diferentes parámetros programados, empleando los siguientes métodos.

- Los microelementos se extrajeron del suelo con la solución extractante ASI (empleada por Agro Service Internacional de Estados Unidos de América y adoptada por la Universidad la

Molina-UNA), consistente en una mezcla de NaHCO_3 0.25 N; EDTA 0.01 M y NH_4F 0.01 N (Bazán, R. 2011). Se empleó una relación suelo: extractante de 1:10; en el extracto obtenido se determinaron los microelementos con el equipo de absorción atómica.

- El pH del suelo se determinó con el método electrométrico en una relación suelo: agua destilada de 1:2,5.
- La materia orgánica por el método de Wakley and Black.
- El nitrógeno total por estimación a partir de la materia orgánica.
- El fósforo disponible por el método de Kirsanov (con HCl 0.2 N).
- La textura por el método de Bouyoucos.



figura 1. Zona de muestreo a 1800 msnm (Choquechaca)



figura 2. Zona de muestreo más alta (Catac) 3700 msnm

Tipo de Investigación: Es una investigación aplicada, a nivel correlacional y explicativo (Hernández, R. et al. 2010).

Diseño de la investigación:

En este caso se trató de una investigación no experimental, porque no se manipuló en forma intencional la variable independiente para ver su efecto en la variable dependiente, sino que se observaron y describieron los fenómenos en su contexto natural (Hernández, R. et al. 2010). Es decir que aprovechando la topografía de la zona y consecuentemente la localización de los suelos Fluvisoles a diferentes alturas sobre el nivel del mar, desde Mato en Huaylas (1800 msnm) hasta Cátaç, Recuay (3700 msnm), es que se analizaron y caracterizaron los suelos a diferentes alturas, formados bajo diferentes condiciones climáticas para correlacionar algunas propiedades y características con el contenido de los microelementos en estudio.

Población o universo

El universo de estudio está representado por los suelos fluvisoles del Callejón de Huaylas (valle

interandino) desde los 1 800 hasta los 3 700 msnm.

Unidad de análisis y muestra

La unidad de análisis estuvo constituida por una muestra de suelo y la muestra a su vez representada por 3 muestras de suelos tomadas a una profundidad de 0 – 25 cm de cada altura sobre el nivel del mar establecida en el diseño.

Instrumentos para la obtención de información

- Equipo de absorción atómica
- Espectrofotómetro UV/Vis.
- Potenciómetro.
- El análisis volumétrico.

Diseño estadístico

Se trabajó con promedios de los resultados de análisis de suelos por alturas. Así mismo, se emplearon las correlaciones simples y de doble entrada, al correlacionar contenido de materia orgánica y pH del suelo con el contenido de microelementos. El parámetro que nos da tal cuantificación es el coeficiente de correlación lineal de Pearson r , cuyo valor oscila entre -1 y $+1$.

RESULTADOS

a. Contenido de microelementos:

Altura msnm	Lugar	pH	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
3 700	Cátaç	4.79	5.42	180.23	18.34	11.80
		5.31	1.06	101.65	20.86	12.06
		5.30	3.66	113.14	2.01	18.74
3 400	Recuay	6.22	10.43	203.81	4.80	15.61
		5.10	9.65	207.20	3.90	13.42
		4.39	11.49	221.22	4.97	12.26
		4.81	20.94	257.87	3.21	12.87
3050	Huaraz	6.74	1.06	3.70	5.82	4.33
		6.75	2.27	3.10	4.65	2.86
		6.70	3.60	4.17	6.06	3.14
		6.83	4.27	3.92	3.66	3.84
2 600	Toma (Carhuaz)	5.81	1.26	103.18	8.90	1.77
		5.60	3.93	209.98	7.98	5.13
		6.83	2.34	61.14	5.86	1.79
		6.49	2.22	166.22	8.31	1.57
2200	Cañasbamba	7.47	1.75	65.06	7.98	15.30
		6.69	1.12	50.21	9.01	13.20
		6.96	1.02	35.38	6.94	10.94
		6.90	0.55	53.76	6.98	10.25
1 800	Choquechaca	7.65	3.38	7.81	4.30	6.18
		7.73	4.59	6.62	5.56	2.22
		7.85	2.98	9.64	6.08	2.76
		7.73	2.26	9.67	4.14	1.45
Límite crítico		--	0.6 – 1.0	5,0	3.0-5.0	0.6-1.0

En la tabla 1. Se observa que el pH de los suelos varía desde 4.39 en la parte más alta (Recuay) hasta 7.85 en la parte más baja del ámbito de estudio (Choquechaca).

El contenido de cobre oscila entre 0.55 ppm en Cañasbamba, hasta 20.94 ppm en Recuay. El de Hierro oscila entre 3.10 ppm en Huaraz, hasta 257.87 ppm en Recuay; el de manganeso varía entre 1.87 y 20.86 ppm y por último el Zn entre 1.45 y 18.74 ppm.

a. Correlaciones múltiples:

Cuando la variable dependiente es el pH y las variables independientes son la materia orgánica, altura, Cu, Fe, Mn, Zn el coeficiente de determinación es considerado grande (0.348). Hay que tener en cuenta que todas las correlaciones son negativas es decir que a medida que se incrementa una variable, disminuye la otra; por ejemplo al aumentar el

contenido de materia orgánica en el suelo, disminuye el pH y viceversa; igual comportamiento tienen las demás variables independientes.

Cuando la variable dependiente es la materia orgánica y las variables independientes son altura, Cu, Fe, Mn, Zn, el coeficiente de determinación es considerado medio (0.169). Hay que tener en cuenta que la correlación materia orgánica y manganeso es negativa, es decir, si aumenta la materia orgánica disminuye el manganeso y viceversa. En las correlaciones positivas, en cambio se tiene que, si aumenta la altura aumenta también la materia orgánica y así sucesivamente para las demás variables independientes.

b. Fertilidad de los suelos:

Tabla 2. Resultados del análisis de fertilidad de los suelos Fluvisoles

Altura, msnm.	Lugar	TEXTURA			Clase textural	pH	M.O, %	Nt, %	Elementos disponibles	
		%Ao	% Li	%Ar					P, ppm	K, ppm
3 700	Cátac.	51	23	26	Fr.Ar.Ao	4.79	1.94	0.097	15	115
3400	Recuay	60	28	12	Fr.Ao	5.10	1.75	0.087	10	95
3 050	Huaraz	42	24	34	Fr.Ar	6.74	1.54	0.077	24	120
2600	Toma	55	23	21	Fr.Ar.Ao	6.49	1.34	0.067	18	90
2 200	Cañasbamba	42	33	25	Fr	6.90	0.72	0.036	19	110
1 800	Choquech	41	32	27	Fr	7.74	0.93	0.047	25	117

Los Fluvisoles del Callejón de Huaylas se caracterizan por tener una textura franco-arcillo-arenosa en la parte más alta y a medida que nos desplazamos hacia la parte baja, el contenido de arena tiende a disminuir, incrementándose al mismo tiempo el contenido de limo, pasando a ser suelos francos y franco-arcillosos. En las partes altas los suelos tienen una reacción ácida a moderadamente ácida (pH = 4.39 a 6.10) y en la parte más baja tiende a ser más bien neutra a ligeramente alcalina (pH= 6.90 a 7.85).

En lo referente a materia orgánica, los suelos son pobres a muy pobres en la parte baja del ámbito de estudio (0.72 a 0.93%) porcentaje que se incrementa ligeramente con la altura. Sin embargo, en todo el ámbito de estudio se observa un bajo contenido de materia orgánica, lo cual se

debe, al parecer, al uso intensivo de los suelos y el sobrepastoreo que es común en la zona.

En cuanto a fósforo y potasio disponibles se observa un contenido medio a alto de fósforo en las zonas bajas (19 a 25 ppm) y disminuye hasta 10 y 15 ppm en las zonas más altas. Similar comportamiento tiene el potasio disponible, aunque su contenido es bajo en todo el ámbito de estudio (menor a 120 ppm).

DISCUSIÓN

Los resultados del trabajo de investigación indican que el contenido de los microelementos estudiados (Cu, Fe, Mn y Zn) es relativamente alto en todo el ámbito de estudio, lo cual concuerda con Volmer y Ratto (2005), quienes encontraron

contenidos muy por encima de los límites críticos en todos los suelos estudiados de Argentina; así mismo con Cruzate et al (2006), quien encontró una cantidad alta ($2,13 \text{ mg kg}^{-1}$) para Cu; alta ($94,72 \text{ mg kg}^{-1}$) para Fe y media ($85,38 \text{ mg kg}^{-1}$) para Mn. Sin embargo no concuerda con Mc Aruani, EE. Sánchez (2004), quienes en sus estudios de suelos aluviales realizados en el Alto Valle del Río Negro (Argentina), encontraron que la deficiencia de Zn en los campos ocupados por frutales era considerable.

Por lo visto, los suelos se diferencian considerablemente unos de otros en cuanto a disponibilidad de microelementos, dependiendo, probablemente, del uso que se dé al suelo, ya que algunos cultivos son más exigentes que otros en estos elementos.

Los resultados del análisis de suelos indican la existencia de una relación negativa entre el pH del suelo y los microelementos estudiados; es decir que al incrementarse el pH del suelo disminuye el contenido de éstos microelementos y viceversa; sin embargo es el coeficiente de determinación múltiple entre el pH y el fierro el más alto ($r^2=0.661$); con el Cu es un poco menor, pero se mantiene relativamente alto ($r^2=0.325$) y con el zinc ($r^2=0.294$). Sin embargo el coeficiente de determinación entre el pH del suelo y el Mn es muy bajo ($r^2=0.099$). Al respecto cabe mencionar que Mc Aruani, EE. Sánchez (2004) encontraron una relación positiva entre el pH y el Manganeso.

La relación negativa entre el pH y los micronutrientes estudiados está asociada con la solubilidad de éstos. La teoría demuestra que tanto el Cu como el Fe son más solubles en condiciones ácidas y disminuye la solubilidad en suelos alcalinos, también lo son el Mn y el Zn pero en menor grado.

Referente a la correlación entre la materia orgánica y los microelementos se ha encontrado que sí existe, pero es relativamente baja ($r^2=0.203$), especialmente con el manganeso con el cual se ha encontrado una relación negativa y muy baja ($r^2=0.006$). Esto se debe a que las diferencias en el contenido de materia orgánica de los suelos a diferentes alturas sobre el nivel del mar son pequeñas, debido por un lado al sobrepastoreo y por otro, al uso intensivo de los suelos que provocan la poca formación de la materia orgánica o la rápida mineralización de la misma.

Mc Aruani, EE Sánchez (2004), luego de concluir

sus estudios de los suelos aluviales realizados en el Alto Valle del Río Negro (Argentina), infieren que la incorporación de materia orgánica y fertilizaciones químicas a base de fósforo a los suelos favorecen la redistribución del Zn, Mn, Cu y Fe a formas químicas más disponibles para las plantas.

En cuanto a fertilidad, los Fluvisoles del Callejón de Huaylas, zona Sierra, se caracterizan por presentar una variación vertical en cuanto a su pH, contenido de materia orgánica y textura. Estos dos últimos parámetros tienen estrecha relación con algunas propiedades físico-hídricas y químicas de los suelos. Se observa por ejemplo que a medida que se desciende por el valle, los suelos van dejando de ser franco arenosos para convertirse en francos, es decir que se incrementan ligeramente los contenidos de arcilla y limo y con ello mejora la capacidad de retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades. En la parte alta los suelos son moderadamente ácidos a ácidos (4.79 a 5.82) y a medida que se avanza hacia la parte baja van cambiando a ligeramente ácidos, neutros e incluso ligeramente alcalinos (6.90 - 7.74), paralelamente a ello varían las condiciones climáticas y, por ende, las posibilidades de elección de los cultivos. En cuanto a potasio disponible, todos los suelos fluvisoles son pobres (menos de 110 ppm), con algunas excepciones en que alcanza 120 a 140 ppm. Los suelos son pobres en fósforo en la parte más alta (menos de 15 ppm por el método de BrayKurtz) y tiende a incrementarse el contenido en la parte baja (18, 19 y 25 ppm), en Cañasbamba y Choquechaca respectivamente; probablemente esto se deba al efecto residual de los fertilizantes fosfatados empleados en cada campaña.

CONCLUSIONES

1. Los suelos fluvisoles del Callejón de Huaylas presentan una alta disponibilidad de micronutrientes Cu, Fe, Mn y Zn en todo el ámbito de estudio y, por lo tanto, no constituyen factores limitantes de la producción y calidad de las cosechas.
2. Se ha encontrado una relación negativa entre la altura sobre el nivel del mar y el pH de los suelos y al mismo tiempo entre el pH del suelo y el contenido de Cu, Fe, Mn y Zn, es decir que a medida que se incrementa la altura sobre el nivel del mar, el pH disminuye y el contenido de microelementos se incrementa.

3. La relación negativa entre altura y contenido de Cu, Fe, Mn y Zn está relacionada con la solubilidad de estos, la misma que depende principalmente de las condiciones de pH: cuando el pH es ácido mayor es la solubilidad y viceversa.
4. La correlación entre el contenido de materia orgánica y el contenido de Cu, Fe, Mn y Zn es baja; sin embargo se requiere hacer más estudios para confirmar o descartar esta afirmación.
- e. Los suelos son de mediana fertilidad y requieren especialmente de aplicaciones complementarias de nitrógeno y potasio y en menor cantidad de fósforo.

AGRADECIMIENTO

El sincero agradecimiento a la UNASAM que a través de la Oficina General de Investigación y Cooperación Técnica ha brindado el apoyo financiero, haciendo posible la ejecución de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bazán, R. 2011. Metodología ASI para determinación de microelementos. Adoptada por la UNALa Molina. Lima. Proporcionada vía Fax.

Cruzate, Rivero, Turati. 2006. Cobre, hierro y manganeseo: mapas de disponibilidad y respuesta a la fertilización en suelos de la región pampeana. Argentina: Publicado en las Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I Reunión de Suelos de la Región Andina. Salta-Jujuy. Consultado en Diciembre del 2010 en: www.inta.gob.ar/suelos/info/documentos/infor.

Fancelli, AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. pp 11-27. En: M. Vázquez (ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina.

Hernández, Fernández y Baptista. 2010. Metodología de la Investigación. Quinta edición. México D.F: Editorial Mc Graw Hill.

Kruger, GA; RE Karamanos & JP Singh. 1985. The copper fertility of Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 65: 89-99.

Mc Aruani, EE Sánchez, 2004. Contenido y fracciones de micronutrientes en suelos del alto valle de Río Negro – Argentina; Extracción secuencial de los micronutrientes. INTA. Estación Experimental Alto Valle. Consultado en Enero del 2011, en www.inta.gov.ar/altovalle/actividad/.../FraccionAACSNuevo.pdf

Sims J. T. & Johnson G.V. 1991. Micronutrient soil tests. In J. J. Mortvedt et al. (ed.). Micronutrients in agriculture. 2nd. Edition. Book series No. 4. SSSA. Madison, Wisconsin, EE.UU., consultado en diciembre 2010 en :[www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/.../\\$FILE/Trigo-IAJun99.doc](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/.../$FILE/Trigo-IAJun99.doc).

Roca, N. 2004. Salinidad, alcalinidad y metales pesados en suelos semiáridos de Fray Mamerto Esquiú (Catamarca, Argentina): Aplicabilidad de la taxonomía de suelos. Tesis doctoral, Univesitat de Barcelona (España): 352.

Volmer y Ratto . 2005. Disponibilidad de zinc, cobre, hierro y manganeseo en suelos de Córdoba (Argentina) y variables edáficas que la condicionan. Scientific Electronic library, on line. Consultado el 2 de enero 2011 en www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_23n2/volmer_107-114l.pdf. Vol.23, no.2 (dic.2005). p.107-114).

CORRESPONDENCIA:

Juan Barreto Rodríguez
Jubaguez@hotmail.com