REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA (Rev.Bol.Quim.)
Bolivian Journal of Chemistry
Received 11 03 2015
Accepted 11 05 2015
Amurrio et Poma
Vol. 32, No.4, pp. 74-81, Sep./Nov. 2015
32(4) 74-81, Sep./Nov. 2015
Published 11 11 2015

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND SEASONAL VARIATIONS OF SOILS IN AN ALTITUDINAL TRANSECT OF THE LLUTO COUNTY, LA PAZ, BOLIVIA

Patricia Amurrio Ordoñez*, Violeta Poma Sajama

Department of Biology, Unidad de Suelos, Instituto de Ecología IE, Universidad Mayor de San Andrés UMSA, Calle Andrés Bello s/n, Ciudad Universitaria, Cota Cota, phone 59122792582, fax 59122792416, La Paz, Bolivia, patamord@yahoo.com

Keywords: *Soils, Physical Chemistry, Altitudinal, Gradient, Seasonal, Variation, Bolivia, Baccharis latifolia, Baccharis papillosa.*

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the changes in the physico-chemical properties of soils along an altitudinal transect (4187- 3825 m) in the town of Lluto, La Paz, Bolivia, as well as the seasonal variations in two annual cycles (dry and wet seasons). The study area was selected for development in the place of two plant species with potential as Phytotherapic and Cosmeceutic, *Baccharis latifolia* and *B. papillosa*, whose production has scientific and economic interest. The results show that some physicochemical properties of soils have significant correlation with altitude, among these, the limo % ($\sigma = 0.79$),% clay ($\sigma = -0.74$), pH ($\sigma = -0.67$), conductivity (µS / cm) ($\sigma = -0.75$),% organic carbon ($\sigma = 0.61$), % total nitrogen ($\sigma = 0.80$), available phosphorus (ppm) ($\sigma = -0.57$), sodium ($\sigma = -0.69$) and exchangeable magnesium ($\sigma = -0.37$) (cmol/kg). Seasonal differences did not affect the physicochemical properties of the soils, only the soil moisture (%) showed significant differences, presenting higher humidity in the months corresponding to the rainy season. Comparing two sites with different slope exposure (southeast and southwest), we showed the existence of significant differences in organic carbon content (%), total nitrogen (%), exchangeable calcium and magnesium (cmol/kg), and these (except magnesium) were higher on the hillside with southeast exposure. ***Spanish title**: Propiedades fisicoquímicas y variación estacional de los suelos, en un transecto altitudinal en la localidad de lluto, La Paz, Bolivia.*

*Corresponding author: patamord@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en las propiedades físico-químicas de los suelos a lo largo de un transecto altitudinal (4187- 3825 m) en la localidad de Lluto, La Paz - Bolivia, así como las variaciones estacionales en dos ciclos anuales (época seca y húmeda). El área de estudio fue seleccionada por el desarrollo en el lugar de dos especies vegetales con potencial Fitoterapéutico y Cosmecéutico, *Baccharis latifolia* y *B. papillosa*, cuya producción es de interés científico y económico. Los resultados muestran que algunas propiedades físico-químicas de los suelos tienen correlación significativa con la altitud, entre estas, el % limo ($\sigma = 0.79$), % arcilla ($\sigma = -0.74$), pH ($\sigma = -0.67$), conductividad (µS/cm) ($\sigma = -0.75$), % carbono orgánico ($\sigma = 0.61$), % nitrógeno total ($\sigma = 0.80$), fósforo disponible (ppm) ($\sigma = -0.57$), sodio ($\sigma = -0.69$) y magnesio intercambiable ($\sigma = -0.37$) (cmol/kg). Las diferencias estacionales, no afectaron las propiedades físico-químicas de los suelos, solamente la humedad actual del suelo (%) mostró diferencias significativas, presentando mayor humedad en los meses correspondientes a la época húmeda. La comparación de dos sitios con diferente exposición de ladera (sureste y suroeste), mostró la existencia de diferencias significativas en el contenido de carbono orgánico (%), nitrógeno total (%), calcio y magnesio intercambiables (cmol/kg), siendo estos (con excepción del magnesio), mayores en la ladera de exposición sureste.

INTRODUCCION

Las interacciones bióticas y abióticas son factores determinantes en la distribución y abundancia de los organismos. En los ecosistemas naturales, el clima a nivel regional y el suelo a nivel local son los factores abióticos fundamentales para la presencia de los organismos vegetales.

El Valle de La Paz presenta diferencias altitudinales que generan diversos ambientes naturales [1], en el piso altitudinal de la puna con clima moderadamente frío y semiseco se identifican especies arbustivas resinosas del género *Baccharis* (Asteraceae). En particular *Baccharis latifolia* se desarrolla sobre laderas relativamente cálidas, pedregosas de conglomerados de gravas y arcillas [2].

Según Gattuso et al. [3], en la industrialización de fármacos de origen vegetal la calidad de la materia prima es uno de los factores de fundamental importancia y "el material colectado de fuente natural, presenta grandes variabilidades en cuanto al tenor de principios activos". Uno de los factores que puede afectar la producción de metabolitos secundarios en las plantas, son los suelos [4]. Bajo esta premisa, es importante conocer la variación de las propiedades de los suelos con la altitud y las estaciones para luego correlacionar estas variaciones con la producción de principios activos en plantas de interés, como *Baccharis latifolia*, potencial fitoterapéutico [5] y *Baccharis papillosa*, potencial cosmecéutico.

En ese contexto, el objetivo del presente estudio es determinar las propiedades físico-químicas de los suelos en un transecto altitudinal y las variaciones estacionales, a lo largo de dos ciclos anuales, en la localidad de Lluto, La Paz, Bolivia, sitio donde crecen natural y abundantemente los dos arbustos de interés, *Baccharis latifolia* y *Baccharis papillosa.*

RESULTADOS, DISCUSION

Variación de las propiedades físico-químicas de los suelos por la altitud

En el presente estudio el gradiente altitudinal incidió significativamente en algunas propiedades de los suelos.

Textura

En los cuatro sitios del estudio los suelos presentan textura franco arenosa (Tabla 1). El contenido de arcilla mostró variación y correlación negativa con respecto a la altitud (P<0.05) ya que este disminuye a medida que la altitud incrementa, mientras que el porcentaje de limo se incrementó a mayores elevaciones (P<0.05) (Tabla 2). Se observó mayor porcentaje de arena en todos los sitios, sin embargo no se determinaron diferencias entre altitudes (Tabla 1). Estos resultados en parte coinciden con lo reportado en otro estudio, donde se muestra que el incremento en la altitud afecta significativamente las tres fracciones minerales del suelo [7]. La textura puede ser influenciada directamente por la naturaleza del material parental [8], así como por el transporte de materiales debido a la gravedad y el movimiento del agua [9], lo cual explica el incremento en el contenido de arcilla en el punto de menor elevación.

Tabla 1. *Promedio y desviación estándar (n=3) de las tres fracciones minerales (arena, limo y arcilla) en los cuatro sitios de muestreo.*

Altitud (m.)	% Arena	% Limo	% Arcilla
4172	66.76 ±1.51	28.1 ±1.86	5.14 ±0.53
4187	66.61 ±1.26	27.6 ±0.71	5.79 ±0.67
3000	67.59 ±2.11	26.55 ±2.62	5.86 ±0.52
3825	67.14 ±1.46	20.74 ±5.14	12.12 ±5.58

Propiedades químicas de los suelos

El pH de los suelos en los sitios del estudio va de ácido a altamente alcalino [10] mostrando un patrón diferencial entre sitios (P< 0.05) y correlación negativa con respecto a la altitud (P< 0.05), ya que los suelos a elevaciones entre (4000- 4187 m) fueron ácidos (pH 5.94 y 6.17) mientras que en el sitio ubicado a menor elevación (3825 m) fue alcalino (pH 8.72, Tabla 3). La reducción del pH en altitudes elevadas puede asociarse a la naturaleza ácida del material orgánico en descomposición debido a la liberación de ácidos orgánicos [11,12].

Así también la conductividad eléctrica (µS/cm) mostró correlación negativa con la altitud (P< 0.05, Tabla 2) ya que el máximo valor promedio 145.21 µS/cm, se observa a 3825 m, mientras que el mínimo 30.96 µS/cm se observa a 4187 m (Tabla 3), en todos los casos los suelos pueden ser clasificados como no salinos (<2000 µS/cm) [10].

Tabla 2. *Coeficiente de correlación de Spearman y valor de probabilidad (P) de las propiedades físico-químicas de los suelos a tres altitudes 4187- 3000- 3825 m (exposición SO).*

Parámetro	σ de Spearman	*P*
Arcilla (%)	**-0.74**	**0.023**
Limo (%)	**0.79**	**0.011**
Humedad actual (%)	-0.31	0.099
pH	**-0.67**	**0.000**
Conductividad (µS/cm)	**-0.75**	**0.000**
% Carbono orgánico	**0.61**	**0.000**
% Nitrógeno	**0.80**	**0.000**
Fósforo (ppm)	**-0.57**	**0.001**
Na Intercambiable (cmol/kg)	**-0.69**	**0.000**
K Intercambiable (cmol/kg)	-0.02	0.921
Ca Intercambiable (cmol/kg)	0.34	0.064
Mg Intercambiable (cmol/kg)	**-0.37**	**0.042**

Los coeficientes de correlación significativos (P<0.05) se muestran en negrillas.

En general las muestras de suelo presentaron contenidos bajos de carbono orgánico (<4%) [10], siendo el sitio con menor porcentaje (1.27%) el ubicado a menor elevación, mientras que en los otros sitios el contenido osciló entre 2.23% a 1.75% (Figura 1a), observándose correlación positiva (P< 0.05) con la altitud (Tabla 2). La comparación del porcentaje de nitrógeno total a diferentes altitudes presentó un gradiente altitudinal incrementándose con la altitud (P< 0.05, Tabla 2). El contenido de nitrógeno total en los suelos varió entre niveles medios (0.5 - 0.2%) en los sitios con mayor elevación y bajos (<0.2%) en altitudes menores (Figura 1b, [10]). Estudios previos han determinado que la reducción de la temperatura ambiental asociada al incremento en la altitud, incide directamente en la tasa de descomposición de los materiales debido a la reducción en la actividad biológica, promoviendo la acumulación de materia orgánica y mayor tiempo de residencia del carbono y nitrógeno en el suelo [5,11-15].

Los suelos en el área de estudio, presentaron contenidos bajos de fósforo disponible (< 5 ppm), ya que la concentración máxima de fósforo fue 1.42 ppm a 3825 m (Tabla 3, [10]), es así que se determinó que la concentración de dicho nutriente incrementa a medida que la elevación disminuye (P< 0.05, Tabla 2).

La concentración de cationes intercambiables (sodio, potasio, calcio y magnesio), fue variable en las muestras de suelo (Tabla 3). Los niveles de potasio intercambiable en promedio, mostraron valores altos (>0.6) y bajos (<0.6) [10] correlacionando negativamente con la altitud (P< 0.05, Tabla 2). En cuanto al contenido de calcio, varía entre niveles medios (4 - 10 cmol/kg) y bajos (< 4 cmol/kg, [10]), incrementándose hacia los sitios con mayor elevación (P< 0.05), mientras que el contenido de magnesio fue mayor a menor altitud (Tabla 3). El magnesio intercambiable presentó un rango de concentraciones altas (>4 cmol/kg) y medias (0.5 - 4 cmol/kg), así mismo el potasio intercambiable se encuentra entre niveles altos (>0.6) y bajos (<0.6) [10], no se observa en ambos casos una tendencia clara con respecto a la altitud, sin embargo, el contenido de magnesio fue mayor a menor altitud (Tabla 3). Cationes como el calcio, magnesio, potasio son a menudo derivados de la meteorización del material parental los cuales son lixiviados del suelo a través de la percolación del agua. La reducción de la temperatura en sitios más elevados también afectaría la concentración de bases debido a la lentitud en el proceso de meteorización de los minerales [16].

Variación estacional de las propiedades físico-químicas de los suelos en dos ciclos anuales

La estacionalidad no fue un factor determinante de variabilidad en las propiedades físico-químicas de los suelos (Tabla 4). Pues solamente la humedad actual (%) del suelo, mostró relación significativa con la estacionalidad (P<0.05). Los meses en los que se registra mayor humedad actual en el suelo, coinciden con los meses de mayor

precipitación pluvial, ver Figura 2. Sin embargo estudios previos han determinado variaciones estacionales en parámetros químicos como ser el pH, el contenido de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio, dicha variación se encuentra asociada a los procesos regulados por el agua, como ser la descomposición, meteorización y el movimiento de cationes [18].

Tabla 3. *Media, desviación estándar (n=10) y valores máximos - mínimos de las variables físico-químicas de los suelos, en el gradiente altitudinal, localidad de Lluto, La Paz.*

Parámetro		Altitud (m)			
		4172	4187	4000	3825
Humedad actual (%)	Media	13.37 ±7.29	9.56 ±4.22	13.28 ±6.10	12.78 ±5.57
	Máximo	27.99	16.47	25.21	21.29
	Mínimo	6.4	4.06	7.54	6.97
pH	Media	6.30 ±0.53	6.17 ±0.56	5.94 ±0.30	8.72 ±0.24
	Máximo	7.51	7.33	6.39	9.02
	Mínimo	5.46	5.6	5.37	8.28
Conductividad (µS/cm)	Media	40.47 ±19.46	30.96 ±8.64	33.66 ±12.90	145.21 ±35.49
	Máximo	74.65	51	55	189
	Mínimo	17.8	21.1	14.85	85.4
Fósforo (ppm)	Media	1.05 ±0.25	0.99 ±0.25	1.31 ±0.28	1.42 ±0.27
	Máximo	1.46	1.27	1.83	1.86
	Mínimo	0.76	0.58	0.95	0.92
Na Intercambiable (cmol/kg)	Media	0.05 ±0.04	0.04 ±0.01	0.05 ±0.04	0.19 ±0.06
	Máximo	0.14	0.05	0.15	0.32
	Mínimo	0.01	0.01	0.01	0.09
K Intercambiable (cmol/kg)	Media	0.60 ±0.30	0.59 ±0.48	0.46 ±0.23	0.55 ±0.33
	Máximo	1.2	1.8	0.98	1.3
	Mínimo	0.28	0.17	0.25	0.19
Ca Intercambiable (cmol/kg)	Media	5.63 ±0.57	4.24 ±1.02	3.28 ±0.38	3.59 ±0.71
	Máximo	6.7	7	4	4.8
	Mínimo	4.6	3.5	2.7	2.5
Mg Intercambiable (cmol/kg)	Media	2.72 ±0.77	3.91 ±0.60	1.46 ±0.18	6.45 ±1.87
	Máximo	4.8	4.6	1.9	8.2
	Mínimo	2.1	2.7	1.3	1.8

Variación de las propiedades físico-químicas de los suelos en puntos con diferente exposición

La comparación de las características físico-químicas en dos puntos ubicados en altitudes similares 4172 y 4187 m, pero con diferente exposición SE y SO, determina diferencias significativas para el contenido de carbono orgánico (%), nitrógeno total (%) y calcio intercambiable (cmol/kg), que son mayores en el punto con exposición SE. Se identificó además mayor concentración de magnesio intercambiable (cmol/kg) en el punto con exposición SO (Tabla 5). Diferentes estudios han evaluado el efecto de la exposición de ladera en relación a las propiedades de los suelos, por lo que las diferencias en la orientación tendrían influencias sobre éstas, asociadas a la distribución de la energía solar, la temperatura, la dirección de los vientos vinculados con los regímenes de precipitación [19]. A pesar de que en latitudes bajas la radiación no es un factor condicionante en la variabilidad de las propiedades de los suelos, se ha

observado que otros factores como ser la orientación del viento tienen gran incidencia, debido al movimiento de masas de aire húmedo [20].

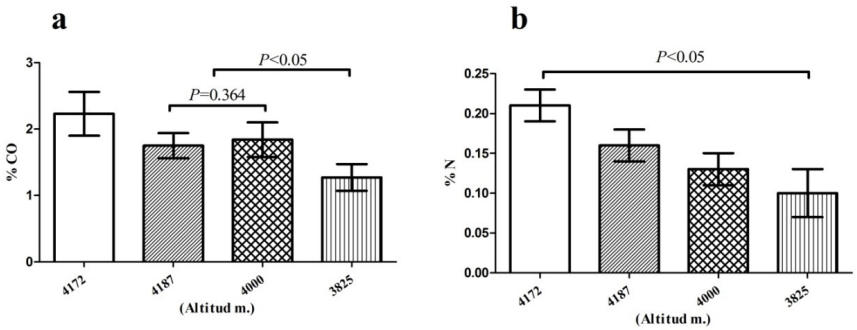

Figura 1. *Media y desviación estándar (n=10) de* ***a****: Carbono Orgánico (%) y* ***b****: Nitrógeno Total (%), a lo largo de un gradiente altitudinal, en la localidad de Lluto, La Paz.*

Tabla 4*: Variación estacional (época seca- húmeda) de las propiedades químicas de los suelos en la localidad de Lluto, La Paz.*

Altitud (m.)	Época	Humedad actual (%)	pH	Cond. (µS/cm)	% CO	% N	P (ppm)	Na Int. (cmol/kg)	K Int. (cmol/kg)	Ca Int. (cmol/kg)	Mg Int. (cmol/kg)
4187	Húmeda	11.74	6.10	27.92	1.87	0.16	0.94	0.03	0.78	4.54	3.78
	Seca	7.37	6.25	33.99	1.63	0.17	1.04	0.04	0.40	3.94	4.04
4172	Húmeda	16.76	6.34	36.54	2.08	0.21	0.97	0.04	0.60	5.52	2.88
	Seca	9.98	6.26	44.40	2.38	0.21	1.13	0.05	0.59	5.74	2.56
4000	Húmeda	15.07	5.95	30.89	2.03	0.14	1.28	0.03	0.45	3.08	1.38
	Seca	11.50	5.93	36.43	1.65	0.13	1.34	0.06	0.47	3.48	1.54
3825	Húmeda	14.43	8.77	147.60	1.36	0.09	1.40	0.21	0.61	3.72	5.52
	Seca	11.13	8.67	142.81	1.19	0.11	1.44	0.18	0.48	3.46	7.38

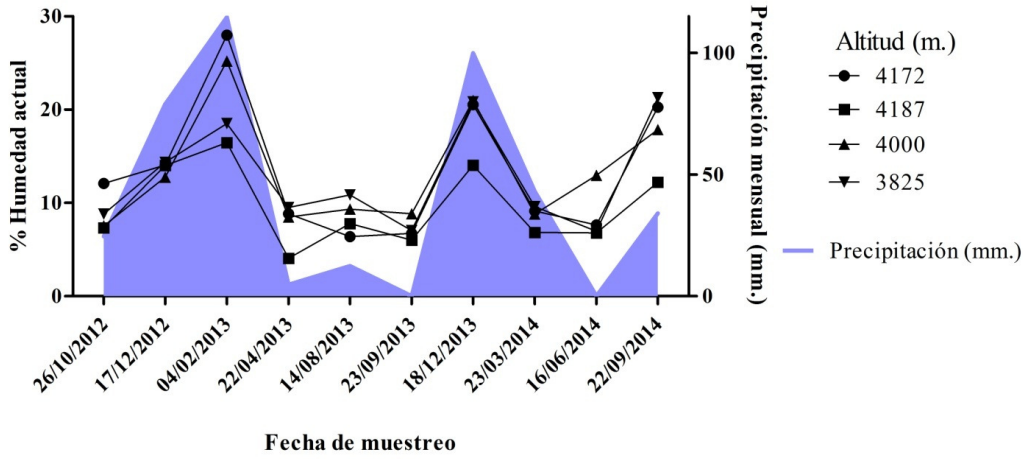

Figura 2. *Porcentaje de humedad actual en los suelos a lo largo del periodo de muestreo (época seca y húmeda) y precipitación mensual (mm.), en la localidad de Lluto, La Paz. Fuente: Precipitación pluvial, SENAMHI 2012-2014* [17].

***Tabla 5**. Comparación de propiedades físico-químicas de suelos con diferente exposición de ladera (Sureste y Suroeste) en la localidad de Lluto, La Paz. (Prueba de U Mann-Whitney, valor de probabilidad)*

Parámetro	*P*
Humedad actual (%)	0.226
pH	0.597
Conductividad µS/cm	0.364
% Carbono Orgánico	**0.002**
% Nitrógeno Total	**0.001**
Fósforo (ppm)	0.880
Na Intercambiable (cmol/kg)	0.880
K Intercambiable (cmol/kg)	0.623
Ca Intercambiable (cmol/kg)	**0.002**
Mg Intercambiable (cmol/kg)	**0.003**

Los coeficientes de correlación significativos (*P<0.05*) se muestras en negrillas

EXPERIMENTAL

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Localidad de Lluto, Municipio de Mecapaca, en el departamento de La Paz, en el Altiplano Boliviano, región ubicada dentro de la Cordillera Oriental en el piso altoandino, de la cuenca altiplánica. El suelo en el área de estudio se originó de la meteorización de rocas sedimentarias: lutitas grises a verdosas, areniscas limonitas verde olivo [21].

Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo en un transecto altitudinal comprendido entre los 3825-4187 m, en sitios con exposición Suroeste y Sureste (Tabla 6). El muestreo se inició en Octubre del año 2012 y concluyó en Septiembre de 2014 (Tabla 7).

***Tabla 6.** Elevación, ubicación y exposición de ladera, de los cuatro sitios de muestreo a lo largo de un gradiente altitudinal en la localidad de Lluto, La Paz.*

Elevación (m)	Latitud (S)	Longitud (O)	Exposición
4172	16°35´26.2”	68°00´06.6”	SE
4187	16°37´23.3”	68°01´08.4”	SO
4000	16°35´24.6”	68°00´05.1”	SO
3825	16°35´20.8”	68°01´10.0”	SO

Los muestreos fueron realizados bimensualmente (Tabla 7) coincidentes con las variaciones estacionales para la época seca y húmeda [22].

Análisis físico-químicos

En cada punto, se obtuvieron muestras compuestas de suelo (0 - 50 cm de profundidad) que debidamente identificadas fueron transportadas a la Unidad de Suelos y al Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) del Instituto de Ecología - Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Con las muestras secadas a temperatura ambiente y tamizadas en una malla de 2 mm de diámetro, se realizaron las siguientes determinaciones:

- Humedad actual, según Forsythe [23].
- Reacción del suelo y conductividad (relación 1:2,5) [24].

- Carbón orgánico mediante el método de combustión húmeda [25].
- Fósforo disponible mediante el método de Olsen modificado [26].
- Nitrógeno total mediante el método semimicro de Kjeldhal [25].
- Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio intercambiables. Por extracción con acetato de amonio a pH 7.0 y medición en espectrofotómetro de absorción atómica [27].

Textura: método de la pipeta [28].

***Tabla 7**. Fecha y época de los muestreos en la localidad de Lluto, La Paz.*

Fecha de muestreo	Época
26/10/2012	Húmeda
17/12/2012	Húmeda
04/02/2013	Húmeda
22/04/2013	Seca
14/08/2013	Seca
23/09/2013	Seca
18/12/2013	Húmeda
24/03/2014	Húmeda
16/06/2014	Seca
22/09/2014	Seca

Se obtuvieron un total de 40 muestras compuestas (10 muestras por sitio), las cuales fueron recolectadas de acuerdo al detalle mostrado en las Tablas 6 y 7. La determinación de la textura del suelo se realizó a partir de tres réplicas para cada zona.

La evaluación cualitativa de los parámetros estudiados se realizó en base a lo establecido en Landon [10].

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 19.0 con un nivel de significancia $P< 0.05$. Las diferencias en las propiedades fisicoquímicas de los suelos a diferentes elevaciones, diferentes épocas y exposición de ladera, se analizaron mediante las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis y U-Mann Whitney. La correlación entre la altitud y los parámetros estudiados se evaluó mediante el análisis de correlación de Spearman.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se observó que el gradiente altitudinal, así como el tipo de exposición en una ladera, inciden significativamente en el porcentaje de carbono orgánico y nitrógeno total del suelo. Estas variaciones están relacionadas con la velocidad de descomposición de la materia orgánica, realizada por los microorganismos en el interior del solum. Los mayores contenidos de carbono orgánico edáfico encontrados en la parte alta, indicarían que la actividad microbiana se ve ralentizada debido a condiciones abióticas más extremas (temperaturas más bajas y menores concentraciones de oxígeno) que en la zona baja de la ladera.

La estacionalidad afectó solamente a la humedad actual del suelo, la inexistencia de variabilidad estacional en las demás propiedades edáficas se debería al clima semiárido, con bajas precipitaciones así como a la topografía colinada del terreno, aspectos que limitarían el transporte de los elementos químicos al interior del solum.

Se verificó que un gradiente de 362 m (diferencia entre el punto más alto y bajo) determina un enriquecimiento de material más fino (arcilla) en la capa superficial del suelo (0-50 cm) en la zona a menor altura.

Se sugiere que en estudios posteriores se evalúen el efecto de los cambios identificados en la vegetación.

RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Mayor de San Andrés por el financiamiento otorgado a través de los fondos IDH 2009-2010. A la Dra. Giovanna Almanza, impulsora y responsable del proyecto "Desarrollo de Productos Cosmecéuticos a partir de plantas del Departamento de La Paz. A los miembros de la Unidad de Suelos del Instituto de Ecología que apoyaron en el proyecto: Sr. Sergio Colque, Univ. Mariela Escobar y Univ. Soledad Enríquez.

REFERENCIAS

1. Beck, S., & García, E., Flora y vegetación en los diferentes pisos altitudinales. En: E. Forno & M. Baudoin (Eds.), Historia Natural de un Valle de los Andes: La Paz, **1991**. 1ra edición. Instituto de Ecología: La Paz, Bolivia.
2. Vargas, E., Tesis de grado para optar el Título de Licenciada en Biología. Estudio de la flora y vegetación de la cuenca del río Jillusaya (Prov. Murillo, La Paz) como base para un futuro manejo. **1992,** Facultad de Ciencias Puras y Naturales. UMSA.
3. Gattuso, S., Busilacchi, H., Severin, C. ,Giubileo, G., **2004**. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR. Revista agro mensajes de la Facultad 14 12-2004. Obtenida el 12 de agosto del 2011 de: http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/14/4AM14.htm.
4. Gerold, G., Schawe, M., y Bach, K. **2008** *Die Erde., 139***,** 1.
5. Almanza, G., Salcedo, L., "De la Planta al Medicamento; Parte I Investigaciones de *Baccharis latifolia* (Chilca)" Libro-ISBN: 978-3-8473-6519-8, Editorial Académica Española, Saarbrucken, **2012**; 1-293.
6. FAO. The Post-2015 Development Agenda and the Millennium Development Goals. Land and soils **2015**. Obtenida el Octubre 19, 2015 de: http://www.fao.org/post-2015-mdg/14-themes/land-and-soils/en/
7. Saeed, S., Khan Barozai, M.Y., Ahmad, A., Haider Shah, Y. **2014,** *International Journal of Scientific & Engineering Research., 5***,** 3.
8. Anderson, D.W. **1988**, *Biogeochemistry*, *5*, 1.
9. Thompson, L.M. and F.R. Troeh, Los suelos y su fertilidad. Reverté, **1988**.
10. Landon, J.R., Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics, Routledge, **2014**.
11. Schawe, M., S. Glatzel, G. Gerold. **2007**, *Catena., 69,* 2.
12. Wilcke, W., Oelman, Y., Schmitt, A., Valarezo, C., Zech, W., Homeler, J. **2008,** *Journal of Plant Nutrition and Soil Science., 171* , 2.
13. Coûteaux, M.M., Sarmiento, L., Bottner, P., Acevedo, D., Thiéry, J.M. **2002,** *Soil Biology and Biochemistry., 34***,** 1.
14. Ochoa, G., Oballos, J., Sánchéz, J., Sosa, J., Manrique, J., Velásquez, J. **2000**, *Rev. Geog. Venez., 41*, 1.
15. Smith, J.L., Halvorson, J.J., Bolton, H. **2002**, *Soil Biology and Biochemistry, 34***,** 11.
16. Cruzatty, L.C.G. y Vollmann, J.E.S. **2012**, *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences.,7* , 3.
17. SENAMHI. Boletín Oficial Mensual De Temperaturas. Obtenida el 30 Agosto, 2015 de: http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php.
18. Olojugba, M.R. y Fatubarin, A.R. **2015**, *Journal of Soil Science and Environmental Management, 6* , 5.
19. Torres, E., Schwarzkopf ,T., Fariña, M.R., Aranguren, A. **2012**, *Ecotropicos., 25* , 2.
20. Killeen, T.J., Siles, T. M., Soria, L., Correa, L., La Estratificación de vegetación y el cambio de uso de suelo en Las Yungas y El Alto Beni de La Paz. **2005**, *Estudios Botánicos de la Región de Madidi, Ecologia en Bolivia, Número Especial., 40.*
21. Perez, G. y Ekstrom, T.H., Mapa Geológico de La Paz., in serie-1- CGB-35, Geobol-SGAB,. Carta Geológica de Bolivia, escala 1:100000. **1995**.
22. Miranda, G., Campero, S., Chura, O., Caracterización del clima del valle de la ciudad de La Paz, En: E. Forno & M. Baudoin (Eds.), Historia Natural de un Valle de los Andes: La Paz, , 2da edición. Instituto de Ecología: **2015,** La Paz, Bolivia.
23. Forsythe, W., Manual de laboratorio Física de Suelos, Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. **1985**, San José, Costa Rica.
24. Steubing, L., Godoy, R., Alberdi, M., Métodos de Ecología Vegetal, Ed. Universitaria. **2001**, Santiago de Chile.
25. Black, C.A., Evans, D.D., Dinauer, R.C., Methods of Soil Analysis (Part 1). Agronomy Monograph No. 9, American Society of Agronomy. Inc., Madison, Wisconsin. **1965**, USA
26. Cochrane, T.T. y Barber, R.G., Análisis de Suelos y plantas tropicales, Ed. CIAT. **1993**, Santa Cruz, Bolivia.
27. Gavlak, R., Horneck D.A., Miller, R.O., Soil and plant analytical methods. Western states laboratory proficiency testing program. **1995**, USA.
28. Dewis, J. y Freitas, F., Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Ed. ONU. **1984**, Roma.