

PROPIEDADES QUÍMICAS Y POTENCIAL PRODUCTIVO DE LOS SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ, BOLIVIA

Hans Salm, Janeth Castro Cabero

Carrera de Ciencias Químicas, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 303, La Paz, Bolivia

salm@bolnet.bo

RESUMEN

El departamento de La Paz se caracteriza por una gran variedad de ecosistemas, donde bajo condiciones climáticas específicas se han formado diferentes tipos de suelos. En la cordillera occidental y el altiplano predominan suelos poco desarrollados, moderadamente ácidos a básicos y con bajos contenidos de materia orgánica. En la vertiente amazónica de la Cordillera Real y en la llanura beniana se encuentran suelos muy evolucionados, fuertemente ácidos y con contenido variable de materia orgánica. Los suelos de la región del lago Titicaca, fondo de los valles interandinos y algunos lugares de los Yungas son los que presentan la mejor productividad potencial.

Palabras claves: Química de suelos, La Paz

ABSTRACT

The Department of La Paz comprises a wide variety of ecosystems, where different soil types were formed under specific climate conditions. In the western Cordillera and the high plateau, poorly evolved soils prevail, with low organic contents and a moderately acid to slightly basic soil reaction (pH). On the eastern slope of the Cordillera Real and the Beni lowlands, highly developed soils with strong acid reaction and variable organic contents are found. The soils of the Titicaca region, interandean valleys and some places in the Yungas show the best potential productivity.

Key words: soil chemistry, La Paz

1. INTRODUCCIÓN

En ciencias naturales se entiende por suelo un sistema complejo de componentes minerales y orgánicos, ubicado en la capa superior de la corteza terrestre, en constante proceso de transformación por efecto del clima, plantas, organismos del suelo y el accionar del hombre.

La composición química del suelo es muy variada, dependiendo de las características de la roca, a partir

de la cual se ha formado por procesos de meteorización y de los factores ambientales que condicionaron su formación y desarrollo, particularmente de las condiciones climáticas y tipo de vegetación.

Las características del suelo resultantes del proceso evolutivo, a su vez, influyen sobre el desarrollo de la vegetación y composición de los ecosistemas. Asimismo, determinan el potencial productivo de los suelos bajo uso agropecuario. Por esta razón, el estudio del suelo es fundamental para la planificación del uso de la tierra a diferentes escalas, el ordenamiento territorial y la formulación de políticas de desarrollo agropecuario.

En el Departamento de La Paz se realizaron muchos estudios de suelo puntuales y algunos de alcance regional (EUROCONSULT/ CONSULTORES GALINDO LTDA, 1999; ZONISIG, 1998; COCHRANE, 1973). Los estudios, generalmente, comprenden la descripción de perfiles de suelos y su clasificación taxonómica, apoyados, a veces, por análisis de laboratorio, con el fin de establecer el potencial agrícola de las tierras.

En el presente trabajo se analizan anteriores estudios desde el punto de vista de la química de los suelos, aportando con análisis propios realizados dentro de las cátedras "recurso suelo" y "técnicas de análisis de suelos". Este enfoque es importante para comprender la relación del suelo con los otros componentes de los ecosistemas, conocer sus limitaciones y mejorar su productividad.

Según la escala de trabajo, se ha dividido el Departamento de La Paz en seis grandes regiones fisiográficas, que tienen características ambientales similares y por tanto presentan suelo con propiedades parecidas.

2. ZONIFICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

El departamento de La Paz se encuentra ubicado en el noreste de Bolivia, entre los paralelos 11° 50' a 18° 05' de latitud Sur y 66° 42' a 69° 32' de longitud Oeste.

Limita al norte con el departamento de Pando, al sur con el departamento de Oruro, al este con los departamentos de Cochabamba y Beni, y al oeste con las repúblicas del Perú y Chile. Su superficie es de 133 985 km² y según el último censo nacional, en el 2001 albergaba una población de 2 350 466 habitantes (INE, 2002).

El departamento se caracteriza por su heterogeneidad ecológica y sociocultural, relacionada con la diversidad de ambientes naturales que incluye las regiones de los Andes, subandino y llanura amazónica (Figura No. 1).

Para la evaluación de los suelos se tomó en cuenta la clasificación de grandes unidades fisiográficas (Figura No. 2), las mismas que presentan determinados factores ambientales, considerando la siguiente zonificación:

- Cordillera occidental
- Altiplano
- Cordillera oriental
- Subandino
- Llanura beniana
- Ondulado amazónico

La **cordillera occidental**, también llamada cordillera volcánica, se ubica en la parte sur - oeste del departamento. Está formada por una secuencia de macizos volcánicos aislados con amplias serranías de

lava, donde se destaca la serranía de Berenguela y la cordillera de Pacajes, a una altura de 4 100 hasta 6 542 msnm (Nevado Sajama).

El clima de la región es frío y árido, con una precipitación anual de 300 a 600 mm y temperaturas medias anuales de unos 6 °C en las partes bajas a menos de 0 °C por encima de los 5100 msnm. Debido a las limitaciones del clima, solo se ha desarrollado una escasa vegetación y los suelos se encuentran poco evolucionados.

La **cordillera oriental** atraviesa el centro del departamento, en dirección nor-oeste a sur-este. Como rama oriental de la gran Cordillera de los Andes, incluye las cadenas de Apolobamba, Muñecas, La Paz (nevados Illampu, Ancohuma, Chachacomani, Condoriri, Huayna Potosí e Illimani), y de Quimsa Cruz o Tres Cruces. El pico más alto se encuentra en el Illampu con 6 493 msnm.

A causa de la gran variación altitudinal dentro de la cordillera oriental, se presenta un amplio rango de temperaturas medias, que van de unos 22 °C en el límite con el subandino, a menos de 0 °C en la alta montaña, así como una variabilidad de las precipitaciones entre 800 a más de 2 000 mm en el flanco oriental de la cordillera, y unos 500 a 800 mm en la vertiente altiplánica.

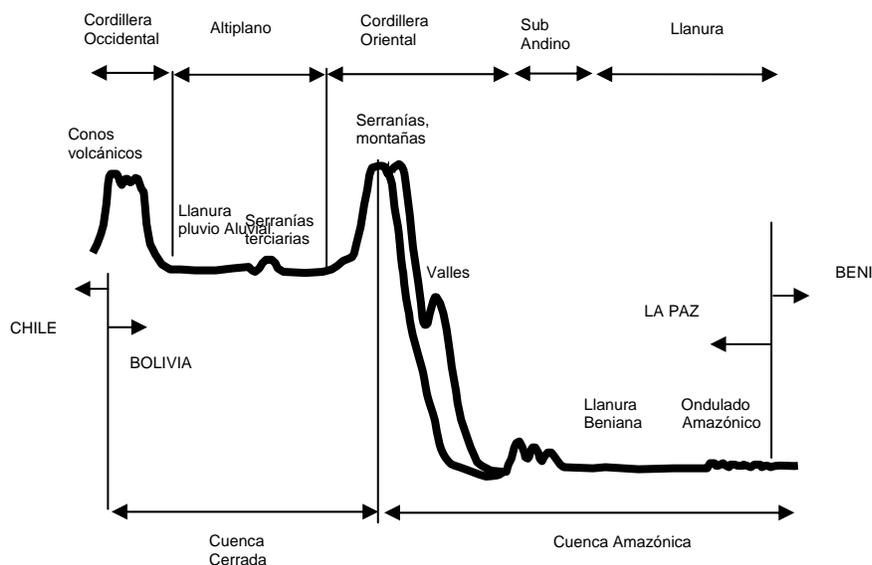


Figura No. 1 Perfil de La Paz, con indicación de Provincias Fisiográficas

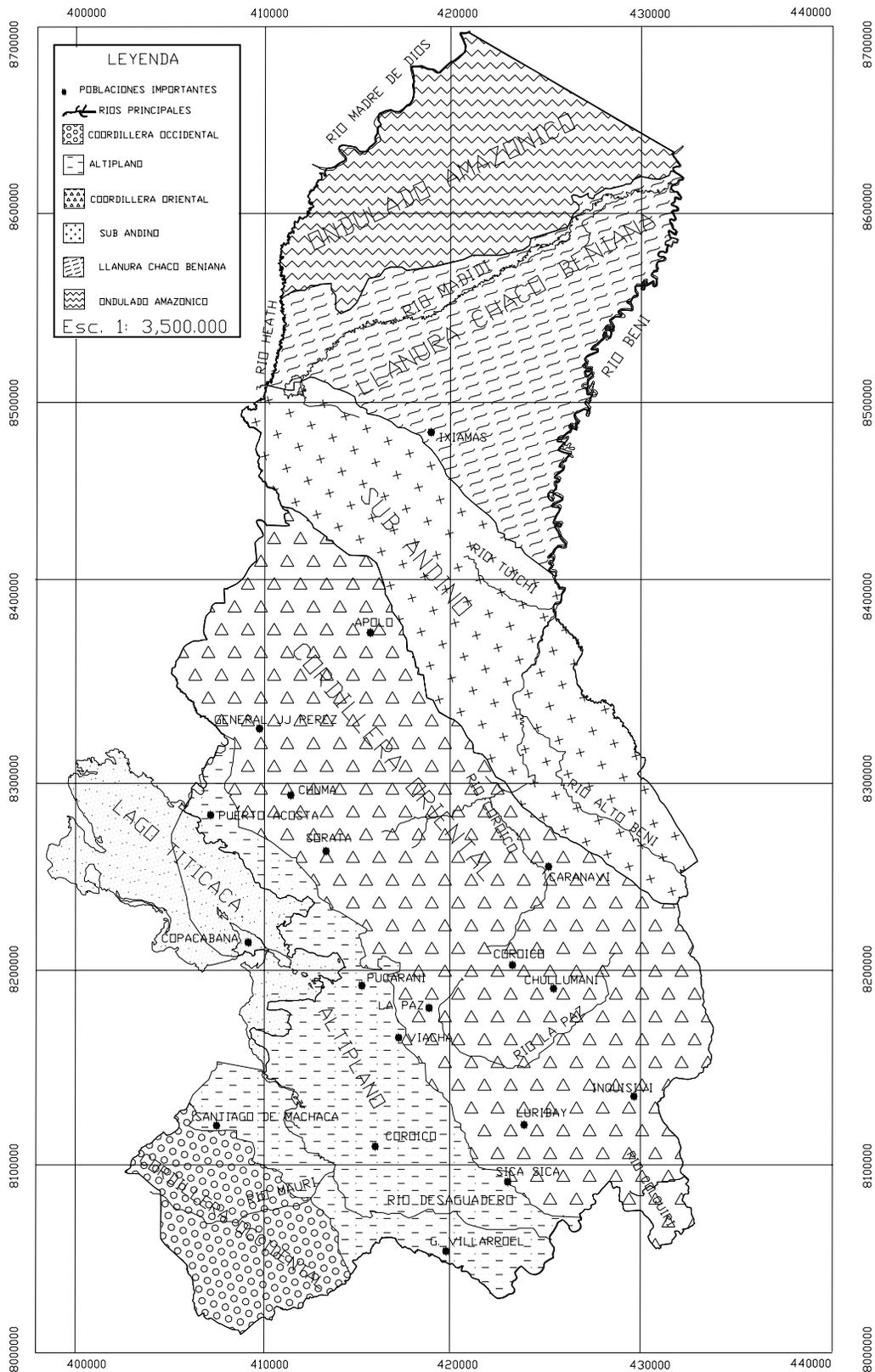


Figura No. 1 Unidades Fisiográficas del Departamento de La Paz

Debido a esta variabilidad y con fines de clasificación ecológica y estudio de suelos, se ha visto la necesidad de diferenciar en su interior las siguientes subunidades: alta montaña, piso altoandino, laderas orientales de los Andes (conocidos como Yungas) y valles interandinos.

Por "alta montaña" entendemos el piso nival y subnival, a alturas superiores a los 5 000 msnm, conformados por rocas de las diferentes edades del paleozoico, así como rocas sedimentarias e ígneas de la era mesozoica, donde existe muy escasa vegetación y poco desarrollo de suelos, debido a las condiciones climáticas reinantes. El piso altoandino, a una altura aproximada entre 4 100 y 5000 msnm, presenta una vegetación herbácea y los suelos muestran considerable acumulación de materia orgánica.

Dentro de las laderas orientales de los Andes se distingue la zona de la ceja de montaña (aproximadamente 2 800 – 3 400 msnm), con un bosque bajo pluvial, una temperatura media anual de unos 10 °C, y una precipitación anual del orden de los 3 000 mm. En las partes más bajas, de montañas y valles profundos, la temperatura se va incrementando a más de 20 °C y con una precipitación de unos 2 000 mm anuales se ha desarrollado un bosque húmedo mayormente siempre verde. Las condiciones climáticas han favorecido el desarrollo de los suelos.

Algunos valles dentro de la cordillera Oriental se encuentran en el abrigo de altas montañas y reciben menor humedad. La escasa precipitación anual de unos 400 a 700 mm, solo permite un buen desarrollo de la vegetación durante la época de lluvias. Característicos para estos valles interandinos son las regiones de Luribay y Sapahaqui, y también el valle del río La Paz.

Entre las cordilleras Oriental y Occidental se encuentra el **altiplano**, región con una topografía suavemente ondulada a una altura promedio de 3900 msnm, alternada con serranías de pendientes empinadas y ríos intermitentes. Las extensiones planas son producto de la acumulación de sedimentos cuaternarios y un antiguo ambiente lacustre. Entre las serranías que sobresalen esta planicie destacan las de Taraco, Tiwanaku y Corocoro.

El clima del altiplano es templado a frío y se caracteriza sobre todo por una acentuada variación estacional de la precipitación, elevados valores de radiación solar y alta incidencia de las heladas. La baja disponibilidad de agua limita el desarrollo de la vegetación, que es la típica de la puna, con especies de bajo crecimiento, como thola y pastos de altura.

El altiplano paceño puede ser dividido por sus condiciones climáticas en altiplano norte y altiplano sur. La parte norte se caracteriza por la influencia que ejerce el lago Titicaca, donde la precipitación promedio alcanza los 600 - 800 mm/año y una temperatura media anual varía alrededor de 10 °C.

En la parte sur predominan condiciones climáticas más extremas, con una precipitación promedio anual que varía desde los 350 a 550 mm/año y una temperatura media anual de unos 6 °C.

El **subandino** se levanta entre la cordillera real y la llanura beniana. Está conformado por una serie de serranías paralelas entre los 500 y más de 2 000 metros de altitud, con un rumbo general noroeste-sureste. La geología de la región es variada, con predominancia de formaciones litológicas del Devónico al Terciario (EUROCONSULT-CONSULTORES GALINDO LTDA, 1999).

El clima reinante, con 22 a 24 °C de temperatura media anual y 1800 a 2 300 mm de precipitación anual, permite el desarrollo de una vegetación exuberante de un bosque húmedo a muy húmedo con presencia de líquenes, musgos y helechos.

La **llanura beniana** se extiende al norte del departamento, en la provincia Iturralde, a una altura media de 200 m, entre el subandino y los ríos Madidi y Beni. Está conformada por espesos depósitos cuaternarios; los terrenos presentan relieve plano a ligeramente ondulado, los mismos que en el Norte se encuentran disectados por ríos de diseño meandriforme y muy dinámicos.

El clima es húmedo y caliente, con una precipitación anual de 1 800 a 2 000 mm, y una temperatura media anual de 24 a 27 °C. El área está mayormente cubierta con vegetación de bosque, y en algunas partes se presentan sabanas.

Finalmente encontramos al extremo norte del departamento de La Paz el **ondulado amazónico**, que está conformado por depósitos hologénicos laterizados, con predominancia de arcilla arenosa, arcillas hemáticas y arena de grano fino de coloración rojiza. El paisaje es de relieve plano, de suave a fuertemente ondulado, a veces colinoso.

El clima es muy parecido al de la llanura beniana, con una precipitación media anual de 1 800 a 2 000 mm, y una temperatura media anual de 24 a 27 °C, condiciones que favorecen el desarrollo de un bosque húmedo.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Si bien las características de los suelos pueden variar a muy pequeña escala, generalmente se presentan propiedades edáficas homogéneas dentro de las ecorregiones, debido a condiciones ambientales similares. El principal factor para el desarrollo de los suelos es el clima, dado que determina la velocidad de los procesos de meteorización y evolución del suelo. La amplitud térmica es importante para los procesos de meteorización física – a mayor cambio de temperatura, mayor disgregación de la roca. La temperatura, humedad, textura y valor pH son importantes para los procesos de meteorización química y transformación de los componentes del suelo.

Otro factor importante es la roca, a partir de la cual se ha formado el suelo. El desarrollo de un suelo es más rápido sobre estratos sueltos (sedimentos, coluvios, morrenas) y rocas sedimentarias, que sobre rocas ígneas y metamórficas. Una roca ácida (predominancia de sílice) también favorece la evolución del suelo, mientras que la presencia de minerales que contienen cationes como calcio y magnesio, frena la acidificación del suelo y con ello los procesos de descomposición de los minerales.

La vegetación, cuyo desarrollo depende básicamente de las condiciones climáticas, también es un factor fundamental para la formación de los suelos, sobre todo por el aporte de materia orgánica y su acumulación e

incorporación en el suelo superficial, pero también por formación de ciertos compuestos orgánicos que intervienen en los procesos de transformación del suelo.

A continuación se presenta una descripción general de los suelos por unidad fisiográfica, considerando los efectos de clima, roca y vegetación en la evolución del suelo, sin tomar en cuenta factores de formación del suelo más localizados, como la influencia de un río o la intervención en los ecosistemas por el hombre. En el Cuadro No. 1 se muestran rangos típicos del valor pH y contenido de materia orgánica, que son dos de los parámetros más importantes que se toman en cuenta para establecer la calidad de un suelo.

3.1 SUELOS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Se observa un escaso desarrollo de los suelos de las montañas de la Cordillera Occidental. La desintegración de la roca magmática se debe principalmente a la meteorización física, causada por la amplitud térmica entre día y noche. También son importantes los procesos de erosión eólica, que han dado lugar a atractivas formaciones rocosas. Los suelos normalmente son de poca profundidad, pedregosos y textura franco arenosa a arenosa. Presentan un pH débilmente ácido a débilmente básico, baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) y muy bajo contenido de materia orgánica.

Región fisiográficas	Características de los suelos	
	pH	Mat. Org. (%)
Cordillera Occidental	6-8	0-1
Cordillera Oriental		
- Alta montaña	5-6	2-4
- Altoandino (Yungas)	4-6	8-15
- Altoandino (altiplano)	6-7	2-4
- Vertiente Oriental (Bosq. nub.)	3,5-4,5	mucha hojarasca
- Vertiente Oriental (Yungas)	4-6	1-4
- Valles interandinos	6-8	1-2
Altiplano		
- Altiplano norte	5-7	2-4
- Altiplano sur	5-8	1-2
Subandino	3-5	1-2
Llanura beniana	4-5	2-4
Ondulado Amazónico	4-5	1-2

Cuadro No. 1 Rangos típicos de pH y materia orgánica de suelos del Departamento de La Paz

Pese a la relativa abundancia de elementos nutritivos en el suelo de esta región, su capacidad productiva se encuentra muy limitada por los factores climáticos, especialmente las bajas temperaturas y las escasas

precipitaciones. La excepción constituyen los mencionados bofedales, que son aptos para una ganadería intensiva.

3.2 SUELOS DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Contrariamente a la situación en la Cordillera Occidental, la Cordillera Oriental y sobre todo su flanco de la cuenca amazónica, reciben bastante humedad, por lo que la evolución de los suelos es más rápida. Por la diferencia altitudinal de cerca de 6 000 metros entre las cumbres más altas y los valles de las últimas estribaciones de los Andes, existen ecorregiones variadas y por tanto una amplia gama de tipo de suelos.

Suelos de alta montaña

La accidentada topografía de las montañas no permite la acumulación de mucho material fino en las laderas, por lo que los suelos son de desarrollo incipiente, muy pedregosos y de poca profundidad.

Sin embargo, en lugares de poca pendiente, se observa incluso a una altura superior a los 5 600 msnm, el desarrollo de un importante horizonte A, una capa de más de 10 cm de espesor con acumulación de materia orgánica. Este suelo es de textura franca, moderadamente pedregoso y de un pH moderadamente ácido.

La capa vegetal que se desarrolla en estos suelos es el sustento para una ganadería extensiva de camélidos.

Suelos del piso altoandino

En esta franja entre aproximadamente 4 100 y 5000 msnm, los suelos mayormente se han formado sobre las morrenas dejadas por los glaciares después de la última glaciación, y en menor proporción sobre material coluvial. Cabe hacer notar, que el piso altoandino de los Yungas recibe más humedad, que el piso subandino de la cuenca altiplánica, por lo que los suelos son más evolucionados.

En el lado yungeño, típicamente se encuentran suelos profundos con un perfil de suelo A-B-C, donde el horizonte A tiene un espesor de unos 30 cm y un contenido de materia orgánica de más de 10%. El horizonte B tiene un espesor similar al horizonte A y presenta elevada pedregosidad. El pH del suelo es de moderadamente a fuertemente ácido y el contenido de cationes básicos es muy bajo (CDC/AGRA, 1996).

En el fondo de los valles glaciares, se encuentran frecuentemente bofedales con un espeso manto de materia orgánica.

El piso altoandino que colinda con el altiplano es más seco y presenta un perfil menos desarrollado, con un horizonte A más delgado y un horizonte B poco

alterado. La acumulación de las precipitaciones y agua de deshielo en época seca en el fondo de los valles, ha permitido el desarrollo de bofedales ricos en materia orgánica.

El uso de los suelos es limitado por la accidentada topografía en el lado yungeño, sin embargo, en las partes menos pendientes y en el subandino de la cuenca lacustre, los suelos son aptos para ganadería extensiva de camélidos y ovinos, y en la parte baja del piso para el cultivo de papa y otros cultivos andinos.

Suelos de las laderas orientales de los Andes (Yungas)

Debida a la mayor precipitación, sobre todo en la ceja de montaña - área de bosque nublado a una altitud de unos 2 800 a 3 400 msnm - los suelos se encuentran en un estado muy evolucionado, siendo de tipo esodosol con una espesa capa de restos vegetales en mayor o menor grado de descomposición, debajo un horizonte lixiviado y seguido de varias capas de acumulación de materia orgánica, óxidos de hierro y arcilla en el horizonte B.

El suelo en este paisaje fuertemente disectado y escarpado, se ha formado mayormente sobre pizarras, limolita y arcillitas. Presenta elevada pedregosidad, textura franco arcillosa a franco arcillo limosa, y un pH muy fuertemente ácido, habiendo perdido gran parte de sus cationes básicos. Por la reacción ácida del suelo, se ha solubilizado el aluminio, que es tóxico para la mayoría de los cultivos.

Debido a la topografía accidentada, el clima excesivamente húmedo y las limitaciones edáficas (baja fertilidad, acidez, excesiva humedad, pedregosidad), prácticamente no se presentan asentamientos humanos y menos actividades agropecuarias en este piso ecológico.

En las partes más bajas de los Yungas, en una topografía menos accidentada y con un clima menos lluvioso, se han formado suelos pardo-rojizos sobre pizarras, areniscas, arcillitas y limolitas.

La textura varía entre franco arenosa, franco arcillosa y arcillo limosa, y normalmente se presenta bastante pedregosidad. El pH es moderado a fuertemente ácido y el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y cationes básicos normalmente es bajo a muy bajo, mientras que la capacidad de intercambio catiónico es moderada (SALM et. al. 1990). El contenido de materia orgánica es bajo, debido al rápido proceso de mineralización en las condiciones climáticas reinantes.

El uso del suelo está limitado por la acidez del suelo, la baja fertilidad, pendientes escarpadas, pedregosidad, sin

embargo, el clima favorece una amplia gama de cultivos subtropicales que se cultivan laderas menos pendientes o en sistemas de terrazas (tacanas).

En los valles bajos de los Yungas, se han formado terrazas aluviales con suelos más fértiles, de textura franca a franco arenosa, ligeramente a moderadamente ácidos y con moderada fertilidad.

Suelos de los valles interandinos

Los suelos de esta región, por lo general, son de origen aluvial en las partes bajas y coluviales en las altas. El clima árido no permite una buena cobertura vegetal, por lo que se presentan procesos avanzados de erosión en gran parte de la región, que dejan expuestas la roca, tal el caso en los valles de Luribay y Sapahaqui.

La textura varía entre franco arenoso, limoso y arcilloso. Los niveles de materia orgánica, fósforo y nitrógeno son bajos, pero existen contenidos altos de cationes básicos. Las afloraciones salinas son comunes.

Los mejores suelos se encuentran en el fondo de los valles, donde se cultivan árboles frutales, vid y otros.

3.3 SUELOS DEL ALTIPLANO

Los suelos del altiplano se han formado sobre un relleno cuaternario y sobre roca sedimentaria en las serranías interaltiplánicas, sin embargo, el proceso de formación de suelos es lento, debido al clima frío y relativamente árido, sobre todo en el altiplano sur.

La característica común más generalizada de los suelos del altiplano, es la baja a moderada fertilidad, así como bajos niveles de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y cationes básicos (SNC, 1992).

En las llanuras del altiplano norte se tiene en su generalidad suelos profundos de textura franco arenosa, mientras que en las colinas se presentan suelos pedregosos y poco profundos. El pH del suelo es débil a moderadamente ácido.

Los suelos del altiplano sur por lo general se caracterizan por tener texturas francas, franco arcillo arenosas, franco arcillosas y arcillosas, pH moderadamente ácido y con baja disponibilidad de nutrientes. En la llanura aluvial del río Desaguadero se presentan problemas de salinización y un pH moderadamente básico (SALM, 1983).

En la región del lago Titicaca crece todo tipo de cultivos andinos y se practica una ganadería intensiva a extensiva de vacunos, ovinos y camélidos. Hacia el sur disminuye la capacidad productiva por factores

climáticos y los cultivos se limitan básicamente a papa, cebada y quinua, mientras que la ganadería predominante es extensiva, de ovinos y camélidos.

3.4 SUELOS DEL SUBANDINO

El clima subtropical húmedo de esta zona ha llevado a una fuerte meteorización de las rocas sedimentarias pertenecientes a formaciones litológicas que van desde el Paleozoico hasta el Terciario, formando suelos de coloración pardo-rojiza de textura franca a franco arcillosa o franco limosa. Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y cationes básicos son muy bajos; el pH es fuerte a muy fuertemente ácido y consecuentemente se presenta solubilización del aluminio.

Un área particular dentro de esta unidad es la zona de Alto Beni, donde los suelos en su mayoría se han formado sobre areniscas calcáreas, las mismas que reducen la velocidad de evolución del suelo. El pH del suelo de esta zona es ligeramente ácido a ligeramente básico, y el contenido de calcio es moderado (CUMAT & COTESU, 1987).

Los suelos de los valles amplios del subandino se han formado sobre sedimentos depositados en diferentes niveles de terrazas aluviales. Los suelos tienen textura variable entre franco arenosa y franco limosa. El pH es neutro a ligeramente ácido y la fertilidad del suelo es entre moderada y alta.

Las llanuras aluviales no sujetas a inundaciones, las colinas bajas y las laderas de poca pendiente, son aptas para cultivos subtropicales; las colinas altas y serranías del subandino presentan problemas de topografía, erosión y fertilidad.

3.5 SUELOS DE LA LLANURA BENIANA

La llanura beniana está cubierta en gran parte por bosque, donde predominan suelos profundos de textura franco arcillosa, con pH débil a fuertemente ácido y baja capacidad de intercambio catiónico (Hanagarth, 1993). La fertilidad del suelo se concentra en la hojarasca y el horizonte orgánico.

En las áreas de sabana, próximas a Ixiamas y a El Dorado, los suelos son sujetos a inundaciones periódicas y las propiedades edáficas cambian notoriamente. La textura es más pesada (franco arcillo limosa a arcillosa), el pH fuertemente ácido, el contenido de cationes básicos muy bajo, al igual que la capacidad de intercambio catiónico (Hanagarth, 1993). El contenido de sodio es muy bajo, contrariamente a lo que ocurre en las sabanas del Departamento del Beni.

Las principales limitaciones para el uso de la tierra en la llanura beniana son los riesgos de inundación, el drenaje deficiente, la textura del suelo (suelos pesados y compactos) y la baja fertilidad (EUROCONSULT/CONSULTORES GALINDO LTDA, 1999). El principal potencial de uso es el forestal y en menor grado el uso ganadero.

3.6 SUELOS DEL ONDULADO AMAZÓNICO

El sustratos para la formación de los suelos son mayormente sedimentos cuaternarios del holoceno reciente (5.000 a 10.000 años), transportados desde los Andes Bolivianos hacia la llanura beniana por un evento geológico denominado "Corriente de la Sierra" (CAMPELL et. al.1985). Procesos erosivos posteriores determinaron un cierto grado de discamamiento, dando lugar a la formación de cimas ligeramente convexas y valles angostos de poca profundidad.

La textura liviana (franco arenosa a franco arcillo arenosa) que facilita la infiltración de las precipitaciones, ha posibilitado un fuerte proceso de lixiviación de cationes básicos y silicatos, por lo que el suelo se encuentra en un estado avanzado de evolución, pese a que el sustrato, en la escala geológica, es muy joven.

Como consecuencia, se tiene un suelo con muy bajo contenido de cationes básicos y fósforo, pH muy ácido, presencia de aluminio soluble, muy baja capacidad de intercambio catiónico y en general de muy baja fertilidad. En la superficie del suelo se presenta una capa de hojarasca de unos 5 cm de espesor, sin embargo, no se observa una acumulación significativa de materia orgánica en la fase mineral (SALM & MARCONI, 1992). El color del suelo varía de rojo a rojo amarillento y pardo rojizo, por la predominancia de óxidos de hierro, que también se presenta en forma de capas petroféricas y/o de nódulos (plintita).

La baja fertilidad, la elevada acidez, la presencia de aluminio y el peligro de erosión al deforestar esta región, son las principales limitantes para el uso agropecuario de esta región, cuya vocación principal es el aprovechamiento forestal.

REFERENCIAS

CAMPELL, K.E., C.F. FRAILEY & J. ARELLANO 1985. The geology of the Rio Beni: Further evidence for Holocene flooding in Amazonia. Contributions in Science. Nr. 364. Los Angeles, California, USA. 18 p. + 13 figs.

CDC/AGRA, 1996. Estudio ambiental básico del valle de Zongo para la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto de ampliación de generación de energía eléctrica por COBEE., La Paz, Bolivia. Informe Técnico.

COCHRANE, T.T. 1973. El Potencial Agrícola del Uso de la Tierra en Bolivia. Misión Británica en Agricultura Tropical – Ministerio de Agricultura. La Paz, Bolivia. 826 p.

CUMAT & COTESU, 1987. Capacidad de uso mayor de la tierra, Proyecto Alto Beni (Volumen II). La Paz, Bolivia. 223 p.

EUROCONSULT/CONSULTORES GALINDO LTDA, 1999. Zonificación Agroecológica y Propuesta Técnica del Plan de Uso del Suelo de la Región Amazónica del Departamento de La Paz. Programa para el Ordenamiento Territorial de la Región Amazónica Boliviana en los departamentos de La Paz, Beni y Cochabamba. La Paz, Bolivia. 173 p.

HANAGARTH, W. 1993. Acerca de la Geoecología de las sabanas del Beni en el Noreste de Bolivia. Ed. Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia. 186 p.

INE, 2002. Censo de Población y Vivienda 2001. Instituto Nacional de Estadística. La Paz, Bolivia.

SALM, H. 1983. Estudio preliminar de suelos del altiplano central de Bolivia. Ecología en Bolivia No. 4. La Paz, Bolivia. pp 43-57.

SALM, H., LORINI, J. & M. LIBERMAN, 1990. Evaluación ecológica del cultivo de la coca en los Yungas de La Paz. CEEDI-LIDEMA. La Paz, Bolivia. 99 p. + 6 anexos.

SALM, H. & M. MARCONI (Ed.), 1992. Reserva Nacional Amazónica Manuripi-Heath, Programa de reestructuración (Fase II). PL-480/LIDEMA/CORDEPANDO, La Paz, Bolivia. 269 p. + 5 anexos.

SNC, 1992. Estudio de Impacto Ambiental de la Carretera Río Seco – Desaguadero. Servicio Nacional de Caminos. La Paz, Bolivia. 83 p. + 5 anexos.

ZONISIG, 1998. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica de la Cuenca del Altiplano del Departamento de La Paz. Proyecto Zonificación Agroecológica y Establecimiento de una Base de Datos y Red de Sistemas de Información Geográfica en Bolivia. La Paz, Bolivia. 213 p.