CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE LOS SUELOS DEL CANTON SAN JOSE LLANGA Y SU RELACION CON ASOCIACIONES VEGETALES

Roberto Miranda C, Guillermo Prieto C y Joao S de Queiroz

IBTA 160/BOLETIN TECNICO 28/SR-CRSP 26/1995

USAID PROGRAMA DE APOYO A LA INVESTIGACION COLABORATIVA EN RUMIANTES MENORES

Small Ruminant Collaborative Research Support Program (SR-CRSP)

CONVENIO MACA/IBTA/USAID/SR-CRSP

Octubre de 1995

El Programa de Apoyo a la Investigacion Colaborativa en Rumiantes Menores (USAID Small Ruminant Collaborative Research Support Program) es una colaboracion entre la Agencia para el Desarrollo del Gobierno de los Estados Unidos (USAID), Washington, D C (grant number DAN-1328-G-00-0046-00) y el Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuaria (IBTA) dependiente de la Secretaria Nacional de Agricultura y Ganaderia del Ministerio de Desarrollo Economico

El Programa IBTA/SR-CRSP cuenta con el apoyo financiero del Programa P-480 de la Mision USAID/Bolivia

Esta publicacion es el resumen de la tesis de grado preparada por el autor principal Los autores agradecen al Dr Vladimir Orsag de la Facultad de Ciencias Agricolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Andres de La Paz por la colaboracion prestada a la Investigacion expuesta en la presente publicacion

Tambien se agradece al Ing Jorge Pascuali y al Instituto Boliviano de Tecnologia Nuclear (IBTEN) por la utilizacion de los equipos e instrumentos Finalmente se agradece la cooperacion brindada por las familias y autoridades de la Comunidad San Jose Llanga, Provincia Aroma del Departamento de La Paz, quienes hicieron posible este trabajo y los logros del Programa IBTA/SR-CRSP

Roberto Miranda Casas
Guillermo Prieto
Joao S de Queiroz

La Paz Octubre 1995

Indice de Contenidos

	Pagina
Listado de Mapas	v
Listado de Graficos	v
Listado de Cuadros	v
Resumen	1
Introduccion	2
Objetivo general	3
Objetivos especificos	3
Revision de Literatura	4
Clasificacion de suelos	4
Proposito general	4
Proposito específico	4
Los suelos en el Altiplano Boliviano	5
Caracteristicas físicas	5
Caracteristicas quimicas	6
Uso de la tierra en el Altiplano Central	7
Relacion suelo-vegetacion	7
Materiales y Metodos	9
Ubicacion y caracteristicas generales del Canton	9
Metodologia	13
Resultados y Discusion	15
Unidades fisiograficas	15
Tipos de suelos y su relacion con asociaciones vegetales	15
Suelos de llanura fluvio-lacustre (Hipersolonchaks)	17
Suelos de llanura fluvio-lacustre y llanura eolica (Solonchaks)	20
Suelos de llanura fluvial y aluvial (Fluvisoles)	24
Suelos de terraza aluvial (Luvisol/Lixisol)	27

Pagina

Clasificacion Agrologica 31

Clase III 33
Clase IV 33
Clase V 33
Clase VII 34

Conclusiones y Recomendaciones 35

Bibliografía 38

Listado de Mapas

		Pagina
1	Mapa de ubicacion de la Provincia Aroma y Comunidad San Jose Llanga	10
2	Delimitacion de unidades fisiograficas en la Comunidad San Jose Llanga	16
3	Clasificacion de suelos en San Jose Llanga (FAO/UNESCO)	18
4	Clasificacion Agrológica de suelos en San Jose Llanga (USDA)	32

Indice de Gráficos

1	Balance hidrico mensual de Patacamaya, Periodo 1960-1993	11
2	Promedio de dias de heladas en Patacamaya, Periodo 1973-1992	11
3	Contenido de sodio en suelos Hiper-Solonchaks	19
4	Variacion de la CIC en suelos Hiper-Solonchaks	19
5	Contenido de sodio en suelos Solonchaks	22
6	Contenido de sodio en suelos Solonchaks	22
7	Contenido de carbonato en suelos Solonchaks	23
8	Contenido de carbonato en suelos Solonchaks	23
9	Variacion de la CIC en suelos Solonchaks	25
10	Variacion de la CIC en suelos Solonchaks	25
11	Contenido de sodio en suelos Fluvisoles	26
12	Contenido de materia organica en suelos Fluvisoles	26
13	Contenido de carbonato en suelos Fluvisoles	28
14	Variacion de la CIC en suelos Fluvisoles	28
15	Contenido de sodio en suelos Luvisol/Lixisol	29
16	Contenido de carbonato en suelos Luvisol/Lixisol	29
17	Variacion de la CIC en suelos Luvisol/Lixisol	30

Lista de Cuadros

1	Tipos de suelos y sus caracteristicas generales en San Jose Llanga	17
2	Capacidad de uso de los suelos de la Comunidad San Jose Llanga	31

Caracterizacion Físico-química de los Suelos del Cantón San José Llanga y su Relación con Asociaciones Vegetales

Roberto Miranda C , Guillermo Prieto C y Joao S de Queiroz [1]

Resumen

El estudio fue realizado en el Canton San Jose Llanga, ubicado en la Provincia Aroma, Departamento de La Paz El objetivo fue determinar las caracteristicas fisico-quimicas de los suelos y su relacion con las asociaciones vegetales Mediante tecnicas establecidas de mapeo y caracterizacion de suelos se elaboro un mapa de suelos y de capacidad de uso de la tierra Los resultados indican que los suelos dominantes en San Jose Llanga son **Hyper-Solonchaks, Solonchaks, Luvisoles** y **Fluvisoles** Los **Hyper-Solonchaks** son suelos muy salinos con sodio cambiable superior al 40%, factor que influye en el desarrollo de plantas halofitas como la *Salicornia pulvinata, Antrobrium triandrum, Distichlis humilis* y *Atriplex nitrophyloides* Segun el sistema de capacidad de uso pertenecen a la Clase VII y ocupan 1287 hectareas, equivalente al 22% de la superficie total mapeada Los **Solonchaks** (Clases IV y V) ocupan 1756 hectareas (30%) y se caracterizan por una salinidad elevada y potencial agricola limitado, donde el contenido de sodio cambiable oscila entre 12 y 35%, lo que favorece el desarrollo de especies como la *Distichlis humilis, Muhlenbergia fastigiata, Calamagrostis curvula,* y *Hordeum muticum* Los **Fluvisoles** (Clases III y V) son suelos que presentan un elevado potencial agricola cuando el drenaje lo permite y el contenido de sodio cambiable en los primeros 30 cm es inferior al 15%, abarcan 1346 hectareas (23%) con un desarrollo promisorio de especies como la *Muhlenbergia fastigiata Distichlis humilis, Calamagrostis curvula, Festuca dolichophylla* y *Hordeum muticum* Los **Luvisoles** (Clase IV) por su textura superficial y arenosa son bien drenados y utilizados en la produccion de cultivos alimenticios, ocupan una extension de 1464 hectareas (25%) y por el bajo sodio cambiable (<10%), se desarrollan plantas como la *Parasthrephya lepidophylla Festuca orthophylla, Festuca dolichophylla, Bouteloa simplex* y *Distichlis humilis* En conclusion, debido a factores climaticos y edaficos, 48% de los terrenos son apropiados para pastoreo como praderas nativas El potencial para la produccion de forrajes introducidos (alfalfa) es limitado por la salinidad y drenaje imperfecto lo que implica que la expansion de la produccion lechera y la introduccion de ovinos de raza tienen potenciales limitados

---

[1] Respectivamente Ingeniero Agrónomo y anteriormente becario del Programa IBTA/SR-CRSP Investigador Asociado del Componente Ecologia de Pastizales y Cientifico Residente del Componente Ecologia de Pastizales Utah State University

Introduccion

El 45 % de la poblacion Boliviana se encuentra asentada en el Altiplano sobre una superficie de 246 254 km² Esta area representa el 22 % de la superficie nacional (Zeballos 1993) Esta alta densidad poblacional y los aspectos socio-economicos caracteristicos de la region actualmente estan causando una elevada presion sobre los recursos suelo y vegetacion, induciendo a una degradacion gradual con impactos ambientales negativos

En muchas regiones del Altiplano Central, al concluir el ciclo de rotacion de los cultivos agricolas la tierra se convierte en area de pastoreo conocida como "barbecho" Es muy comun sobrepasar los limites de su capacidad de carga animal (Liberman y Fisel 1983) El sobrepastoreo, al margen de originar un empobrecimiento de la vegetacion y la fertilidad del suelo, produce compactacion del suelo

El conocimiento de las caracteristicas y la distribucion espacial de los suelos es un prerequisito basico para el desarrollo de estrategias de produccion sostenible Si bien existen estudios de esta indole para el Altiplano, la heterogeneidad de los terrenos y el nivel en el que fueron estudiados dificultan extrapolar los resultados a otras areas (Salm y Geyler 1987)

La comunidad San Jose Llanga, ubicada en el Altiplano Central de Bolivia, fue seleccionada por el programa IBTA/SR-CRSP como area principal de trabajo con la meta de desarrollar estudios basicos como el presente con participacion de los agricultores En este marco y a fin de contribuir con conocimientos adecuados de los recursos, se planteo realizar el presente estudio bajo los siguientes objetivos

Objetivo general

Caracterizar los suelos asociados a las principales comunidades vegetales e identificar areas aptas para la agricultura y la ganaderia en San Jose Llanga

Objetivos especificos

Identificar, describir y caracterizar fisica y quimicamente los principales tipos de suelos de San Jose Llanga

Caracterizar y Clasificar los suelos de acuerdo al Sistema de Clasificacion de la FAO/UNESCO

Establecer en terminos generales la asociacion entre las manchas edaficas y las comunidades vegetales

Interpretar las caracteristicas de los suelos desde el punto de vista de su Capacidad de Uso

Revision Bibliografica

Clasificacion de suelos

El hombre desde la antiguedad clasifico a los suelos intuitivamente, estratificandolo en grupos mas pequeños y manejables (Heywood 1968 citado por Ortiz y Cuanalo 1981) Hoy la clasificacion de suelos se orienta para dos propositos

Proposito general

Para este proposito, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, a traves de una serie de aproximaciones, desarrollo el sistema de la Septima Aproximacion o Soil Taxonomy Este sistema contiene seis categorias de clasificacion Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia y Serie (Buol et al 1989 y Ortiz y Cuanalo 1981)

Otro sistema de clasificacion es el implementado por la FAO/UNESCO (1990) Este sistema no presenta las caracteristicas de un sistema taxonomico formal de suelos si no una clasificacion parcialmente sistematizada en lo que se refiere a la descripcion y la definicion de unidades cartograficas (Boul et al 1989)

Proposito especifico

Para fines mas especificos, en 1961 fue elaborado el Sistema de Clasificacion Agrologica por el Servicio de Conservacion de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Este sistema, basandose en las necesidades y limitaciones de los suelos muestra la aptitud relativa para desarrollar actividades agricolas, pastoriles y otras Segun Ortiz y Cuanalo (1981) la clasificacion contiene diferentes niveles de informacion presentando tierras aptas para los cultivos (Clases I-IV) y tierras no aptos para cultivos (Clases V-VIII)

Los suelos en el Altiplano Boliviano

El Altiplano Boliviano es una meseta elevada que esta ubicada entre las Cordilleras Occidental y Oriental con elevaciones que varian desde 3800 hasta 4200 m de altitud (Zeballos 1993)

Esta superficie probablemente se origino por la fracturacion en bloques durante el levantamiento de los Andes Hoy esta cubierta con sedimentos de lagos desaparecidos como el Ballivian, Minchin y Tauca o por los parcialmente desecados del Titicaca y Poopo (Montes de Oca 1986) En estas condiciones los suelos son altamente variables por las numerosas causas de ubicacion geografica, topografía y material originario (IBTA 1992)

La formacion y evolucion de los suelos de cualquier region del mundo estan dadas por 5 factores ecologicos material parental, clima, biologia, topografía y el tiempo La interaccion de estos factores conduce a la diferenciacion de estratos sucesivos llamados horizontes Estos difieren en textura, estructura, colores diferentes, etc (Duchaofour 1978)

Características físicas

La textura del suelo es una caracteristica física importante que afecta a las propiedades quimicas y biologicas Se define por la proporcion y tamaño en diametro de las particulas de arena, limo y arcilla Los suelos con alto contenido de arena son mas porosos y permiten una rapida infiltracion del agua En cambio, los suelos arcillosos tienen mayor capacidad de retencion de agua debido a su mayor area superficial (Ortiz 1975)

Salm (1983) y Cochrane (1973) señalan que los suelos de tipo fluvial tienen una textura franco-arenoso a franco Estos suelos contrastan a los suelos derivados de material lacustre de la region de Lahuachaca (Provincia Aroma) donde los suelos varian desde arcillas fuertemente salinas hasta arcillas no salinas y arenosas

Otra caracteristica física importante es la estructura que influye en la aireacion y resistencia a la penetracion de las raices Juega un papel importante en el grado de la erosion, lavado de suelos y permeabilidad (Duchaofour 1978) En el Altiplano Central, en condiciones normales, un bajo contenido de humus produce una baja estabilidad estructural y consecuentemente la infiltracion y capacidad de retencion de agua y nutrientes son bajos (Orsag 1992)

Caracteristicas quimicas

La conductividad electrica es un parametro quimico que es utilizado frecuentemente para expresar el grado de salinidad de un suelo dado Salm (1983), en suelos del Altiplano Central que se inundan en la epoca de lluvias, encontro salinidades de 5 g/kg de suelo o su equivalente de 7 8 mmhos/cm de conductividad electrica La presencia y concentracion de estas sales aumenta la presion osmotica y disminuye la disponibilidad de agua y nutrientes como el nitrogeno, fosforo y otros elementos (Orsag 1992) Por su parte, Allison et al (1974) señalan que el exceso de sales solubles y sodio influyen en el crecimiento vegetal Consecuentemente la produccion agricola se ve limitada por los efectos perjudiciales que se derivan de estas condiciones

El contenido de materia organica en los suelos del Altiplano tiende a ser bajo hasta los limites extremos (IBTA 1992) Esta escasa cantidad limita el buen desarrollo no solo de las plantas nativas sino de las exoticas como las pasturas plurianuales (Ruiz y Bustamante 1988) El contenido de materia organica tambien influye en la capacidad de intercambio cationico Orsag (1992) asevera que los suelos del Altiplano Central presentan escasa materia organica Consiguientemente la capacidad de intercambio cationico tambien es bajo (10 meq/100 g de suelo) Los suelos de otras zonas con influencia de napa freatica superficial presentan una mayor presencia de vegetacion de tipo graminoide que favorece una acumulacion de humus y la capacidad de retener nutrientes es alto, tomando valores de 12 a 25 meq/100 g de suelo

Uso de la tierra en el Altiplano Central

En suelos originados de depositos fluvio-lacustres se desarrollan gramineas bajas como el *Distichlis humilis*, *Muhlenbergia fastigiata* y *Calamagrostis sp* son aprovechadas para el pastoreo de ovinos (Liberman y Fisel 1983) Estos mismos autores señalan que la actividad agricola se limita a las laderas En la llanura aluvial, por ser zonas inundadizas y donde la vegetacion esta conformada por gramineas, el uso es exclusivamente para ganaderia extensiva de ovinos y camelidos La rotacion de cultivos en zonas agricolas se realiza durante tres a cuatro años El cultivo principal es la papa, luego la quinua y finalmente la cebada Posteriormente, estos terrenos, conocidos como barbechos, son sometidos a un periodo de descanso de 6 años, tiempo en el que son pastoreados comunalmente hasta causar compactacion de suelos y deterioro de la vegetacion

El sobrepastoreo y la sobreutilizacion de la pradera nativa altiplanica es un fenomeno evidente Sin embargo, estas practicas no estan basadas en la falta de conocimiento de los agricultores sobre la dinamica de la pradera sino es mas bien el resultado de una compleja interaccion de factores exogenos como la tenencia de la tierra, presion demografica sobre la pradera y aspectos socio-culturales (Alzerreca 1992)

Relación suelo-vegetación

El suelo es el medio donde se produce el crecimiento y desarrollo de las plantas Al margen de ser un soporte mecanico proporciona nutrientes a la vegetacion La produccion optima de esta vegetacion estara sujeta a las condiciones fisicas, quimicas y biologicas del suelo (Allison et al 1974)

Hilgard fue uno de los primeros en reconocer la existencia de plantas nativas como indicadoras de las caracteristicas de los suelos (Allison et al 1974) En tanto hoy la vegetacion cuando se halla en su estado natural permite identificar areas homogeneas de suelo (Gasto et al 1992)

Las plantas que toleran altas concentraciones de sales son conocidas como halofitas Entre ellas en el Altiplano de Oruro se tiene a la *Suaeda foliosa* (kauchi) que en estado de rebrote es muy apetecida por el ganado ovino (Tapia 1984) Esta especie tolera salinidades de 3 6 a 10 g de sal/kg de suelo (5 6 a 15 6 mmhos/cm) Es de alto valor forrajero por su riqueza proteica y la alta palatabilidad (Ruiz y Bustamante 1988) Otras halofitas de semejante habitat a la *Sueda foliosa* son el *Antobrium triandrum Distichlis humilis y Salicornia pulvinata* Generalmente se encuentran en suelos salinos cuyos valores van de 4 a 8 g de sal/kg de suelo o el equivalente de 6 a 12 mmhos/cm (Salm y Geyler 1987)

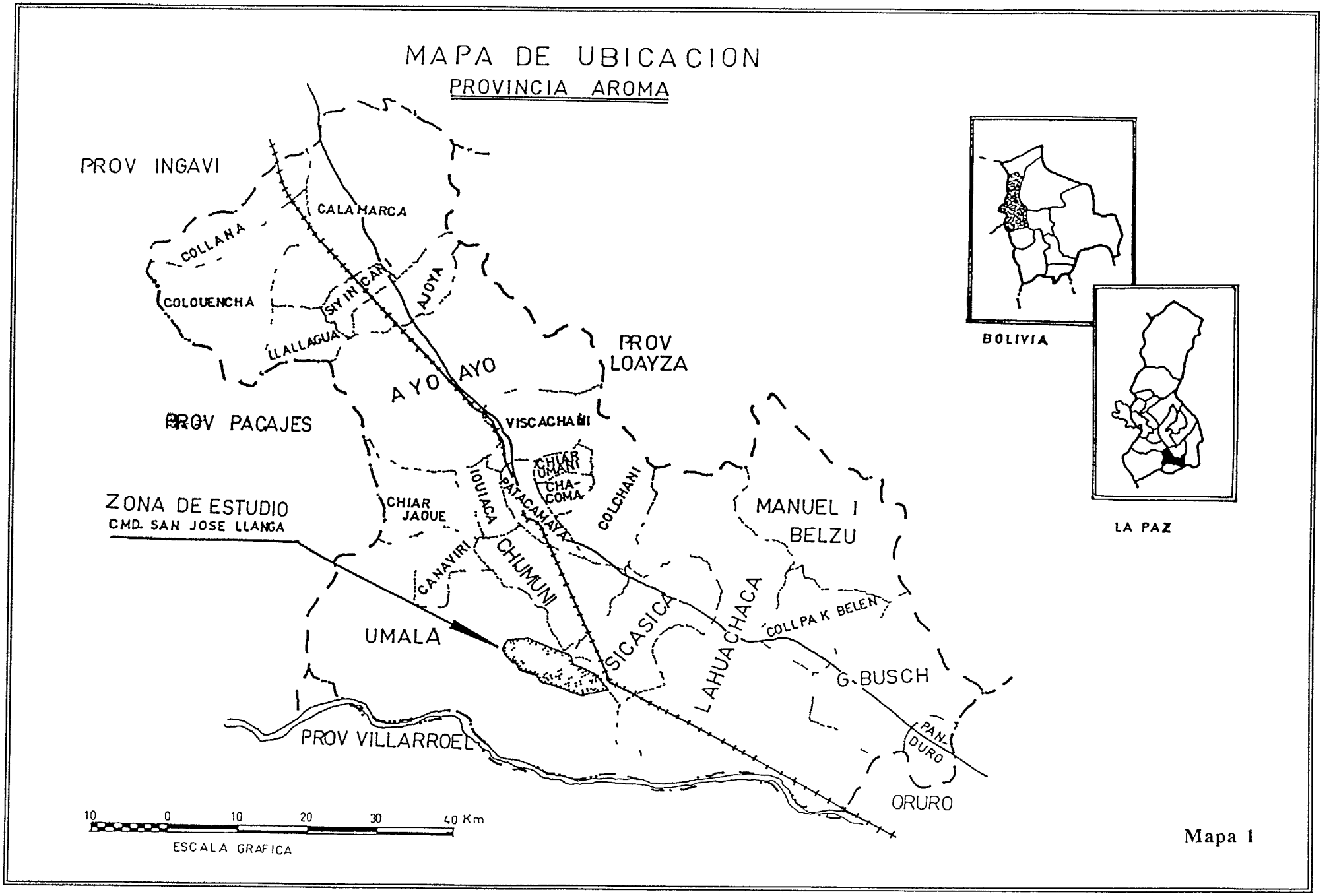
Materiales y Metodos

Ubicacion y caracteristicas generales del Canton San Jose Llanga

El Canton San Jose Llanga esta ubicado en el Altiplano Central de la Provincia Aroma, Departamento de La Paz a 17 km al sur del poblado de Patacamaya Cuenta con una superficie de 7200 ha de las cuales 1700 ha corresponden a campos agricolas y los restantes 5500 ha constituyen campos nativos de pastoreo (Washington-Allen 1994) Geograficamente esta entre los 67°49' y 67°58' de longitud oeste y 17°22' a 17°26' de latitud sur Se encuentra a una altitud promedio de 3725 metros Sus limites son al sur con la comunidad de Santiago de Collana, al norte con Llanga Belen, al este con la serrania de Santiago de Laurani y la via ferrea La Paz-Oruro, y al oeste con Umala y Tholoma (mapa 1)

Ecologicamente se clasifica como estepa seco invernal muy fria de region interandina (Gasto et al 1992) Los registros climatologicos de la Estacion Experimental Patacamaya para el año del estudio registraron precipitaciones pluviales acumuladas de 410 mm, una biotemperatura anual promedio de 9 8 °C, humedad relativa media del 56% Mas de 150 dias de heladas al año y vientos predominantes de norte a sur durante el verano y de sur a este durante el invierno con una velocidad promedio de 3 2 m/segundo (graficos 1 y 2)

Geologicamente la comunidad y areas aledañas estan ubicadas sobre depositos aluvio-lacustres y eolicos de origen sedimentario y volcanico los cuales constituyen el material parental del suelo (Cochrane 1973) Bajo estas caracteristicas los suelos de la comunidad se hallan sobre una napa freatica extensa cuya calidad es muy variable La zona mas baja se halla sobre depositos fluvio-lacustres con un nivel freatico que esta entre 1 y 2 metros de la superficie y mayormente es salino Las partes mas altas como los arenales tienen napas freaticas que superan los 20 metros


MAPA DE UBICACION
PROVINCIA AROMA
PROV INGAVI
CALAHARCA
COLLANA
COLOUENCHA
SYINCANI
AJOYA
LLALLAGUA
AYO AYO
PROV LOAYZA
PROV PACAJES
VISCACHANI
CHIAR UMANI
CHA-COMA
PATACAMAYA
COLCHANI
ZONA DE ESTUDIO
CMD. SAN JOSE LLANGA
CHIAR JAQUE
IOUIACA
CANAVIRI
CHUMUNI
MANUEL I BELZU
SICASICA
LAHUACHACA
COLLPAK BELEN
UMALA
G. BUSCH
PROV VILLARROEL
PAN-DURO
ORURO
BOLIVIA
LA PAZ
10 0 10 20 30 40 Km
ESCALA GRAFICA

Mapa 1

Grafico 1 Balance hídrico mensual de Patacamaya
Periodo 1960 - 1993

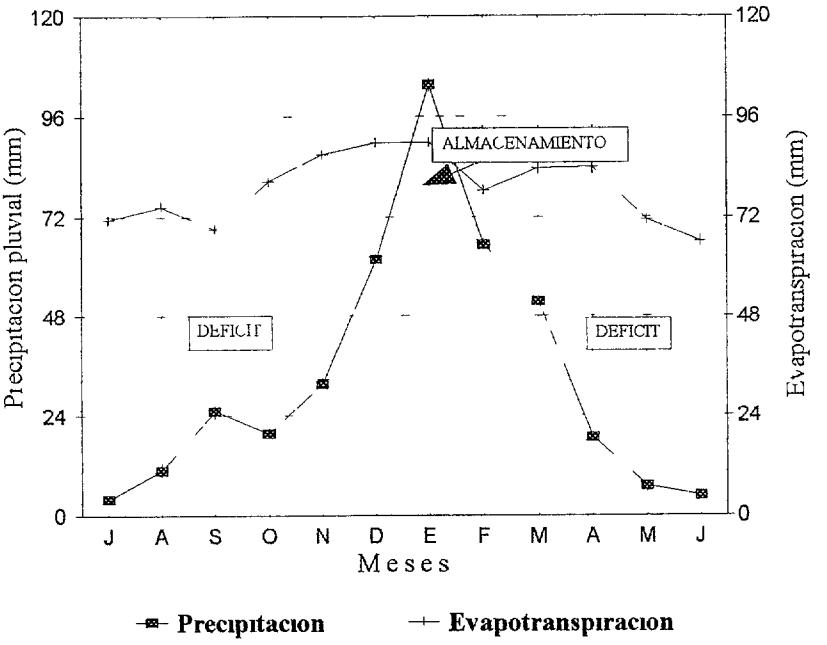
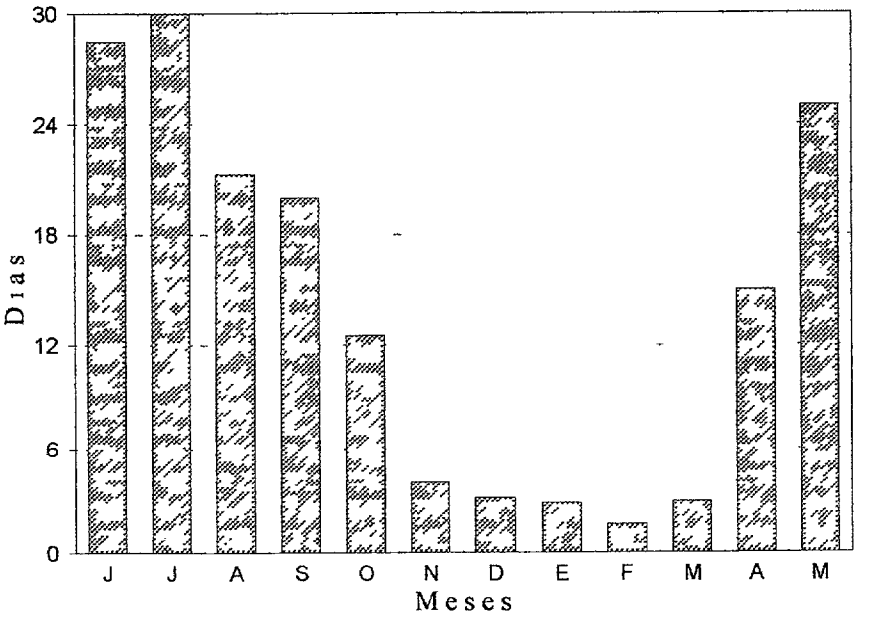


Gráfico 2 Promedio de dias de helada en Patacamaya
Periodo 1973 - 1992



Los recursos hídricos de San Jose Llanga por orden de importancia estan dados por la presencia de tres rios el Khora jahuira, el canal que transporta las aguas del rio Desaguadero y el rio Kheto Durante la temporada de lluvias el primero desborda mucha agua hasta inundar parcial o totalmente el sector noreste Segun Peña (1994), este rio recarga la napa freatica local con agua de calidad apta para el riego de especies forrajeras anuales y plurianuales En 1983 los comunarios construyeron un canal principal para conducir las aguas del rio Desaguadero hasta la zona sureste del Canton donde mayormente se cultivan pasturas de alfalfa cebada y avena para vacunos de leche El rio Kheto esta en los limites del sector sureste no es importante porque sus aguas no son aprovechables

Referente a la vegetacion nativa, Massy (1994) encontro 27 asociaciones vegetales distribuidas en diferentes unidades de suelos Dentro de estas, se encontraron cuatro grupos de mayor magnitud

1 K'otal-kauchial, compuesta por *Antobrium triandrum* y *Salicornia pulvinata*

2 Gramadal, compuesta por *Distichlis humilis* y *Muhlenbergia fastigiata*

3 Gramineas de *Calamagrostis curvula*, *Festuca dolichophylla* y *Hordeum muticum*

4 Tholar-pajonal, representado por *Parasthrephya lepidophylla*, *Tetraglochin cristatum*, *Festuca orthophylla* y *Stipa ichu*

La poblacion humana alcanza a 104 familias las cuales estan distribuidas en 6 zonas Sin embargo algunas personas de estas familias, especialmente jovenes, migran frecuentemente a centros urbanos (Cala 1994) Las familias que residen permanentemente en la comunidad basan su economia en la actividad agropecuaria Los cultivos agricolas de importancia son la papa y la quinua, destinados mayormente para el autoconsumo Existen crianzas de vacunos de leche fomentados por la Planta Insdustrializadora de Leche (PIL) y de ovinos mayormente mestizados bajo sistemas de pastoreo tradicional

Metodologia

La metodologia empleada para la clasificacion de suelos se enmarco a los lineamientos establecidos en el Manual de Levantamientos de Suelos de Ortiz y Cuanalo (1981) y el Sistema de Clasificacion de la FAO/UNESCO (1990) La interpretacion para propositos agropecuarios fue hecho mediante la Clasificacion de Capacidad de Uso de la Tierra de USDA (1977)

A objeto de ubicar preliminarmente las manchas de las unidades de suelo, las fotos aereas de escala 1 20 000 fueron interpretadas mediante el uso del esteroscopio y la carta topografica de escala 1 50 000 Estas unidades delineadas como mapa base fueron efectuados en colaboracion con el trabajo de mapeo de vegetacion de Massy (1994)

Posterior a la elaboracion del mapa base, utilizando el sistema de carreteras y transectos, se realizo un reconocimiento general del area de trabajo Con este reconocimiento se verifico y corrigio globalmente las unidades de suelo delineados durante la interpretacion de las fotografías aereas A continuacion, en cada unidad de suelo se efectuaron barrenaciones para delimitar areas de suelo relativamente homogeneas y verificar relaciones de suelo y la vegetacion Seguidamente, de los horizontes se registraron aspectos de espesor, color, textura y presencia de carbonatos

Finalmente, se procedio a la apertura de 48 calicatas en las que se efectuaron evaluaciones y examenes de perfiles agrologicos Estos, segun la Guia de Descripcion de Perfiles de la FAO (1977), se emplean para discutir aspectos del lugar como el relieve, drenaje, uso de la tierra caracteristicas morfologicas de espesor de los horizontes color en seco y humedo textura, estructura, consistencia poros y contenido de raices De las calicatas descritas se eligieron 19 perfiles modales y de estos para determinar parametros físicos y quimicos fueron remitidos al laboratorio 70 muestras

Los parametros fisicos implicaron el analisis granulometrico y la densidad aparente Los analisis quimicos la determinacion del pH, conductividad electrica, capacidad de intercambio cationico, bases de cambio, porcentaje de sodio intercambiable, carbonato de calcio, materia organica y carbono organico

La clasificacion de suelos para propositos generales se realizo en base al Sistema de la FAO/UNESCO (1990) por ser este un sistema simple y de amplia utilizacion La Clasificacion Agrologica para propositos agropecuarios fue determinada por el Sistema de Capacidad de Uso de Tierras de USDA, detallada por Ortiz y Cuanalo (1981) Este sistema fue utilizado por su practicidad y porque ademas permite ubicar las diferentes clases de suelo en rangos cuantitativos y cualitativos con capacidad para usos diversos y especificos

Resultados y Discusión

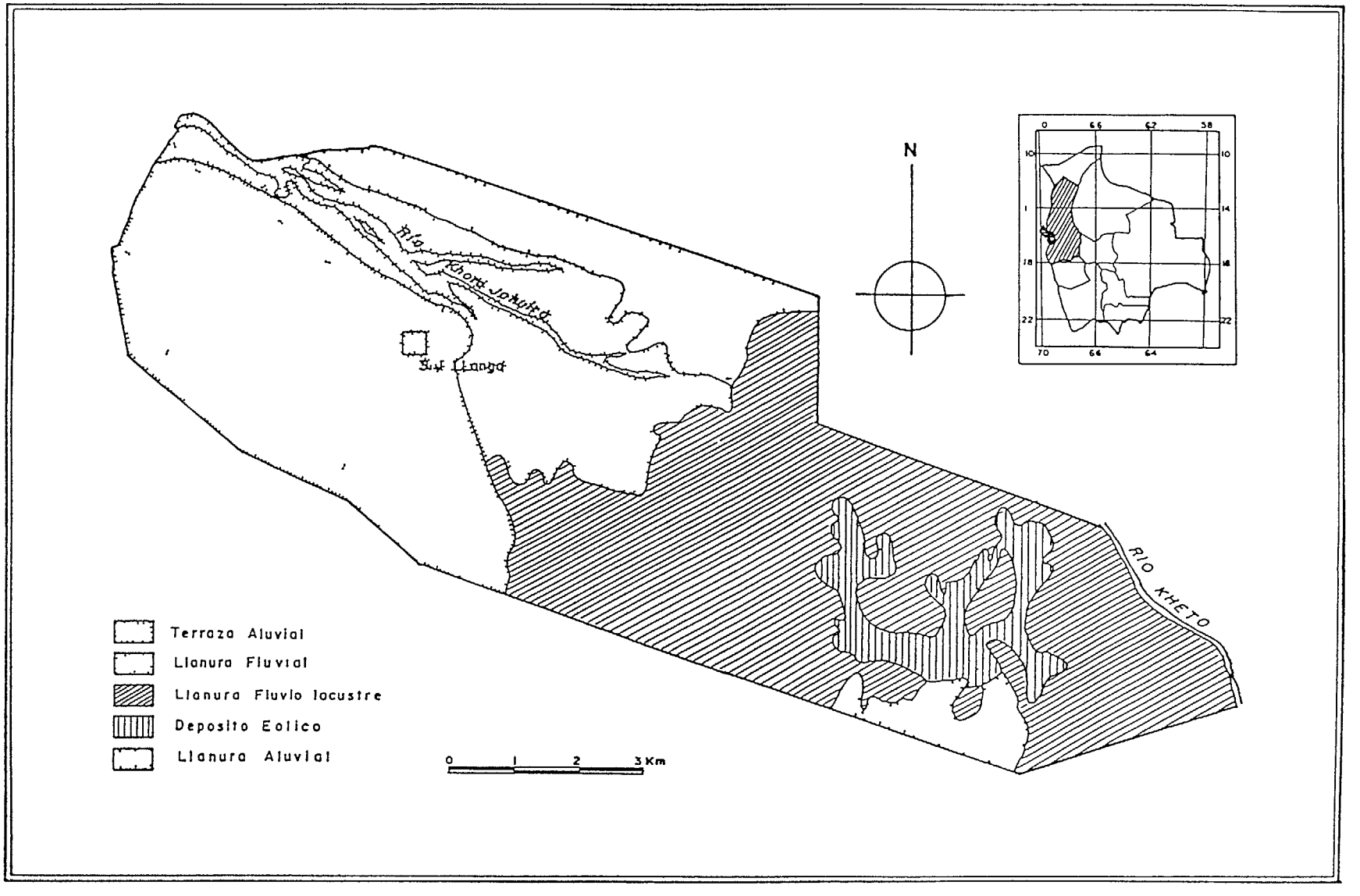
Unidades fisiograficas

La division fisiografica de la comunidad se determino en base a la fotointerpretacion y observaciones de campo, encontrandose una fisiografía simple, con predominio de superficies planas principalmente de origen aluvio-lacustre Las unidades fisiograficas identificadas fueron (mapa 2)

Llanura fluvio - lacustre (Lfl)
Llanura eolica (Le)
Llanura fluvial (Lf)
Llanura aluvial (La)
Terraza aluvial (Ta)

Tipos de suelos y su relacion con asociaciones vegetales

El cuadro 1 resume los tipos de suelos identificados en San Jose Llanga, segun FAO/UNESCO (1988) Basicamente se observa la existencia de cuatro grupos o tipos predominantes **Hiper-Solonchaks, Solonchaks, Fluvisol** y **Luvisol/Lixisol**
La gran mayoria de estos suelos presentan problemas de fertilidad, drenaje y salinidad Esto sugiere que el desarrollo de la produccion de vacunos de leche alcanzara su limite dentro de un corto periodo de tiempo debido a la pequeña extension de tierras apropiadas para el cultivo de especies forrajeras La predominancia de suelos salinos indica que estudios dirigidos a la mejora de praderas nativas deben considerar la introduccion de especies halofitas de origen local o importadas El Canton ofrece condiciones ideales para estudios de esta naturaleza debido a los diferentes niveles de salinidad presentes



Mapa 2 Delimitacion de unidades fisiográficas en la Comunidad San Jose Llanga

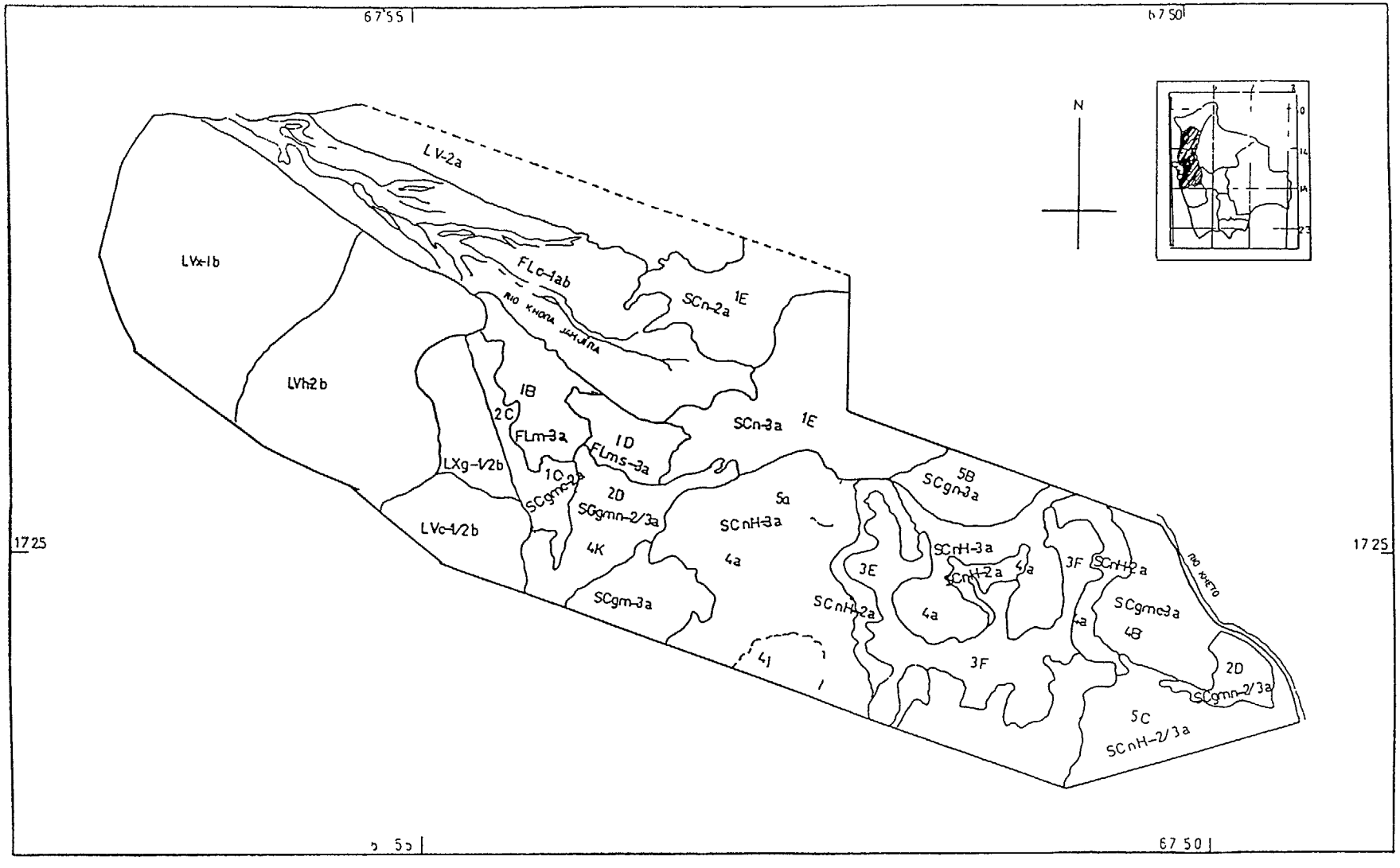
Cuadro 1 **Tipos de suelos y sus características generales en San Jose Llanga, Provincia Aroma, Departamento de La Paz, segun FAO/UNESCO (1988)**

Tipo de suelo	Area (ha)	Area (%)	CIC [1] (meq)	% Sodio cambiable	Especies vegetales [2] presentes
Hiper-Solonchaks	1287	22	15-25	40-70	Sapu, Antr, Dihu, Atni
Solonchaks	1756	30	16-25	12-35	Dihu, Mufa, Cacu, Homu
Fluvisol	1346	23	8-25	10-15	Mufa, Cacu, Fedo, Homu
Luvisol/Lixisol	1464	25	2-20	5-10	Pale, Feor, Bosi, Dihu
Total	5853	100			

[1] CIC = Capacidad de intercambio cationico
[2] Sapu = *Salicornia pulvinata* Antr = *Antobrium triandrum* Dihu = *Distichlis humilis* Atni = *Atriplex nitrophyloides* Mufa = *Muhlenbergia fastigiata* Cacu = *Calamagrostis curvula* Homu = *Hordeum muticum* Fedo = *Festuca dolichophylla* Pale=*Parathrephva lepydophylla* Feor = *Festuca orthophylla* y Bosi=*Bouteloa simplex*

Suelos de llanura fluvio-lacustre (Hipersolonchaks)

Este grupo de suelos fue clasificado como **Solonchaks Hiper-sodicos** y ocupan una superficie de 1287 hectareas, equivalente al 22% de la superficie total mapeada (mapa 3) El contenido de sodio cambiable en estos suelos, al igual que en suelos que presentan una textura media en su superficie (**ScnH-2a**), fue mayor al 40% La elevada proporcion de sodio junto al nivel freatico superficial se atribuyen a la topografía plana (grafico 3) Estos dos factores contribuyen a la presencia de estructuras masivas o compactas A su vez, estas ultimas estan influenciados por otras propiedades como la deficiente permeabilidad, falta de aireacion y la dificultad física a la penetracion de las raices entre otras



Mapa 3 Clasificacion de suelos en la Comunidad San Jose Llanga segun FAO/UNESCO (1988)

Grafico 3 Contenido de sodio en suelos Hiper-Solonchaks

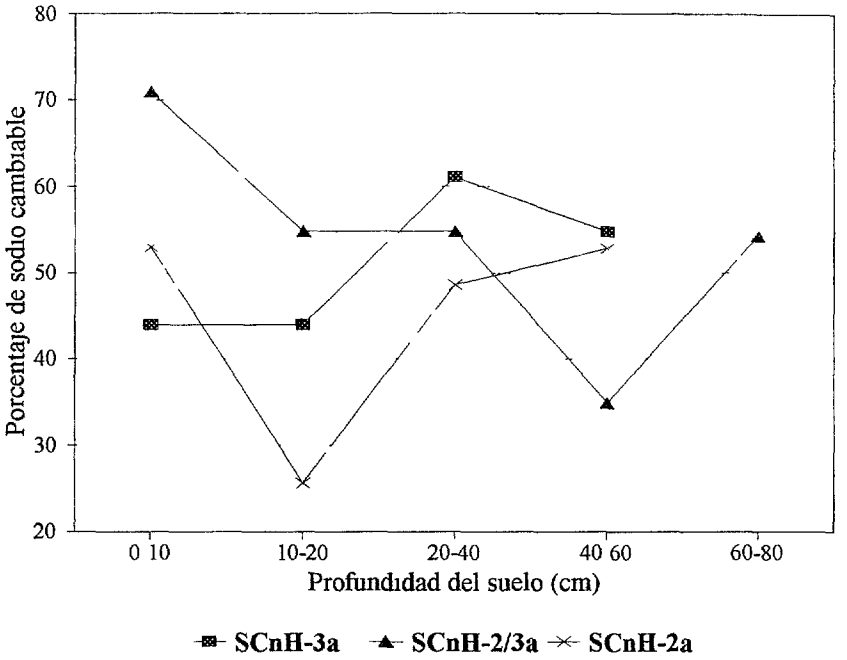
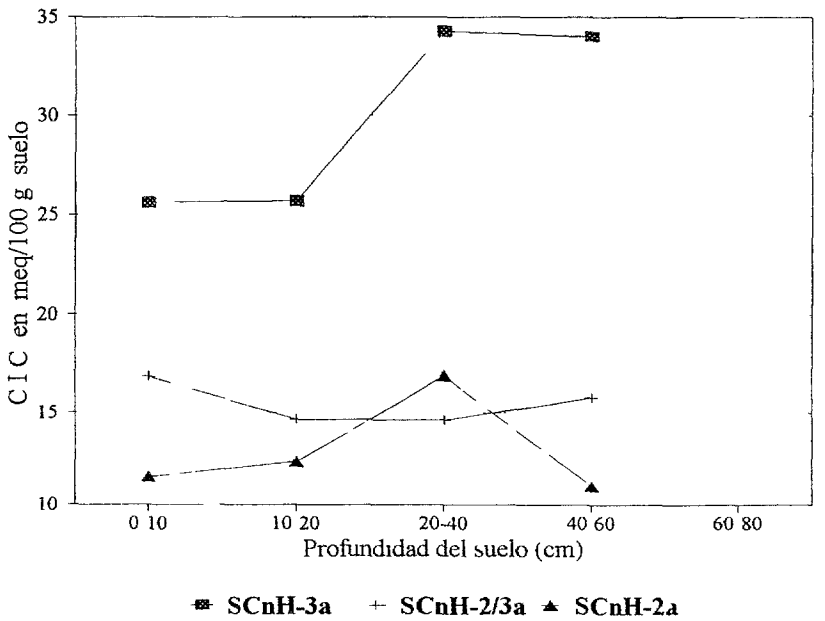


Grafico 4 Variacion de la capacidad de intercambio cationico (CIC) en suelos Hiper-Solonchaks



Por otro lado, el efecto osmotico en estos suelos se produce por la elevada concentracion de sales y de sodio principalmente que limita la utilizacion del agua por especies que no sean halofitas Segun Pizarro (1987) estas plantas elevan la presion osmotica interna del suelo, disminuyendo asi la diferencia de presion con el ambiente salino externo lo que facilita la absorcion de agua

Las especies vegetales encontradas en estos suelos con buen desarrollo fueron principalmente especies halofitas como la *Salicornia pulvinata*, *Antobrium triandrum*, *Disthichlis humilis* y *Atriplex nitrophiloides* La cobertura vegetal que alcanzaron estas especies fueron entre un 10 a 20% El restante 80 a 90% correspondieron a suelo desnudo Esta baja cobertura vegetal, que entre otras cosas no favorece formar un mantillo de materia organica, permitio encontrar a esta ultima en proporciones menores al 1% La capacidad de retener nutrientes fue alto (> a 25 meq) en suelos **Solonchaks** sodicos de textura fina **(ScnH3a)** En suelos de textura franca la capacidad de intercambio cationico estuvo por debajo de 15 meq/100 g de suelo (grafico 4) Esto porque contienen menor proporcion de particulas finas, las cuales se encuentran sobre un deposito de arena

Suelos de llanura fluvio-lacustre y llanura eolica (Solonchaks)

Estos suelos clasificados como **Solonchaks** estan formados por diferentes intergrados como los molicos, sodicos y gleycos Ocupan una superficie de 1756 hectareas llegando a cubrir el 30% de la superficie total mapeada Los **Solonchaks haplicos** se encontraron a una altitud mayor que los demas suelos Por esta razon tanto la vegetacion como las caracteristicas morfologicas, fisicas y quimicas encontradas fueron diferentes de los demas suelos salinos

El contenido de sodio cambiable fue inferior a los suelos **Hiper-Solonchaks** lo que favorece el desarrollo de otras especies como la *Distichlis humilis, Muhlenbergia fastigiata* y *Calamagrostis curvula* El sodio cambiable en la parte de la superficie se encontro desde 12 hasta 35% pero estos valores, con el aumento de la profundidad, se encontraron hasta en 45% en los **Solonchaks sodic-gleyco** de texturas finas (graficos 5 y 6) Por su parte, en los **Solonchaks haplicos** solo se encontraron una acumulacion de sales en la superficie, atribuibles a los efectos de la deposicion eolica En conclusion, podria atribuirse que el sodio intercambiable de este grupo de suelos es uno de los factores responsables de las pobres condiciones fisicas como la baja permeabilidad, falta de aireacion y dispersion de las particulas

Al igual que los **Hiper-Solonchaks**, los **Solonchaks** estan influenciados por un nivel freatico superficial menor a 3 metros y una topografía plana que produce un drenaje imperfecto Estas condiciones externas influyen en la acumulacion de sales, asi como de carbonatos que se concentran con la profundidad hasta llegar al 18% en los suelos denominados **Solonchaks sodic-molic-gleyco** de textura fina **(SCgmn-3a)** (graficos 7 y 8)

Al ser franco-arenosas la superficie de estos suelos permiten el paso del carbonato a traves del perfil y su posterior acumulacion en los horizontes mas arcillosos Las especies vegetales encontradas en mayor proporcion que conforman las comunidades vegetales fueron la *Distichlis humilis* y *Muhlenbergia fastigiata* Asociadas a estas especies tambien se encontraron otras como la *Eleocharis albibracteata, Salicornia pulvinata, Antobrium triandrum* e inclusive la anual *Bouteloa simplex*

En los **Solonchaks haplicos** la vegetacion estuvo conformada por *Parasthrephya lepidophylla Stipa ichu* y *Festuca ortophylla* Otra vegetacion presente fue el cultivo de *Chenopodium quinoa* favorecida por las condiciones fisicas adecuadas como textura media y drenaje moderado La cobertura vegetal de estos suelos se encuentra entre 60 y 90% Asi se constato en suelos donde se desarrollan gramas del genero *Distichlis* y *Muhlenbergia*

Grafico 5 Contenido de sodio en suelos Solonchaks

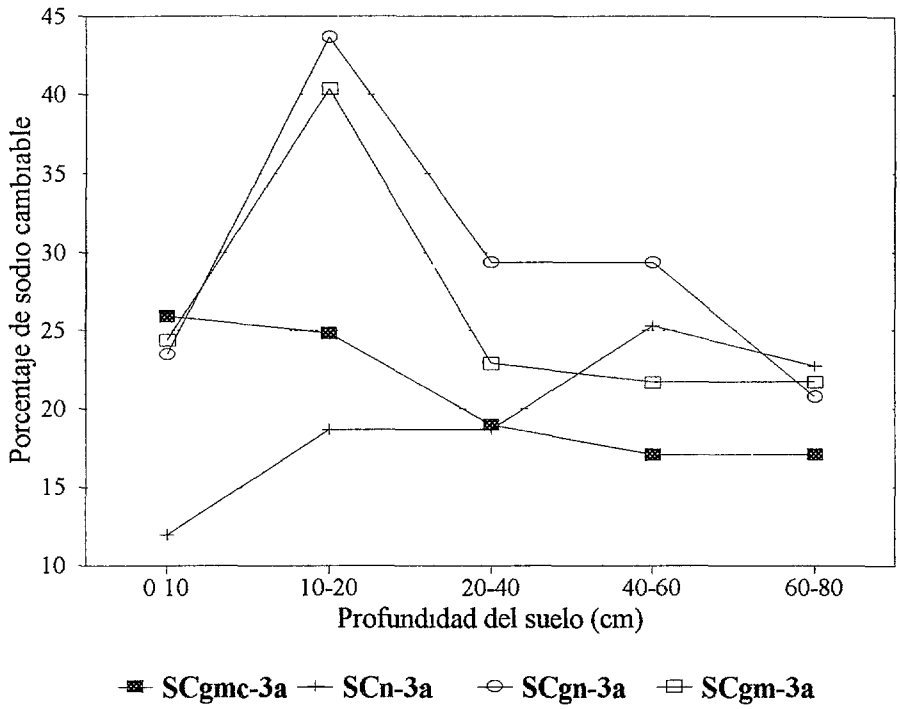


Gráfico 6 Contenido de sodio en suelos Solonchaks

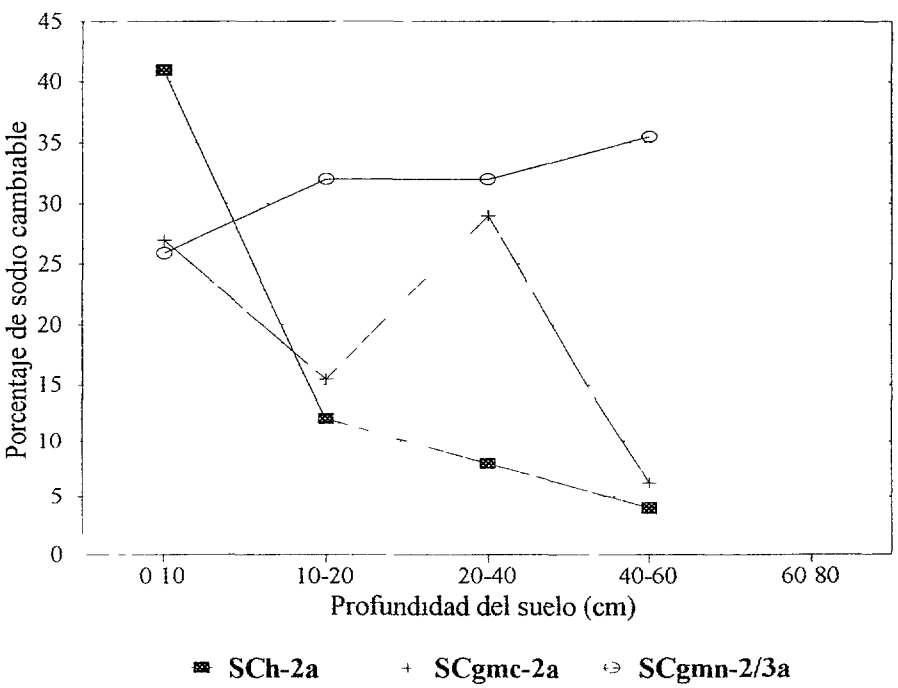


Grafico 7 Contenido de Carbonato en suelos Solonchaks

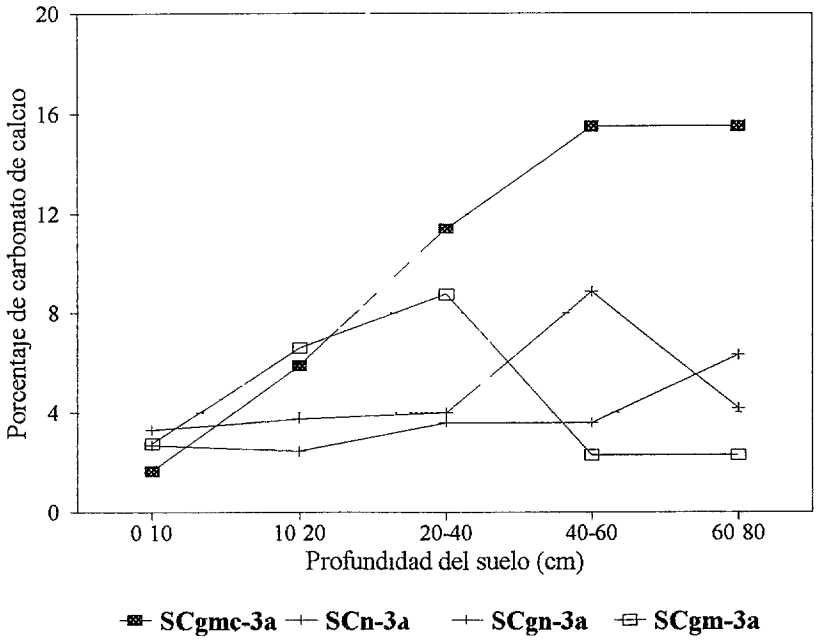
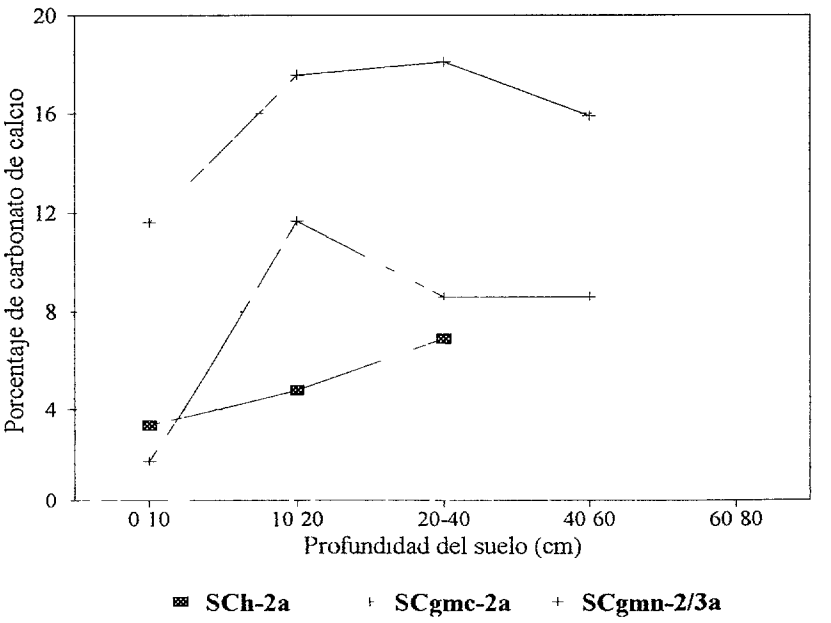


Grafico 8 Contenido de carbonato en suelos Solonchaks



Los elevados contenidos de materia organica en la superficie de los **Solonchaks** de llanura influyen en la estructura granular y blocosa de las superficies facilitando la penetracion de raices, especialmente de *Distichlis humilis* Las raices llegan hasta profundidades mayores a un metro alcanzando el agua de la napa freatica Los **Solonchaks haplicos** contienen menor al 1 2% de materia organica la que disminuye aun mas con la profundidad Las texturas arcillosas inciden en la capacidad de intercambio cationico alcanzando en los **Solonchaks** de textura fina (**SCn-3a, SCgn-3a** y **Scgm3a**) valores altos desde 25 hasta 31 meq/100g de suelo Esto se debe al elevado contenido de arcilla (> a 60%), tipo de arcilla montmorillonitica y al ser suelos poco intemperizados En suelos con un menor contenido de arcilla, la capacidad de retener nutrientes, se encuentra entre valores medios y altos de 12 a 22 meq/100 g de suelo como en el caso de los **Solonchaks haplicos** (graficos 9 y 10)

Suelos de llanura fluvial y aluvial (Fluvisoles)

Estos suelos, denominados **Fluvisoles**, ocupan una superficie de 1346 hectareas, representando el 23% del area total mapeada Se localizan en las llanura fluvial y aluvial En los primeros 30 cm el contenido de sodio intercambiable es menor a 15% aumentando con la profundidad hasta 20% en los **Fluvisoles calcicos** (grafico 11) La conductividad electrica es menor a 4 mmhos/cm en todos los grupos de suelos y el pH aumenta gradualmente con la profundidad desde 7 4 - 8 5 hasta 9 0 - 9 6 a los 60 cm Estas condiciones influyen en la disponibilidad de algunos elementos como el fosforo que es fijado como fosfato tricalcico

El contenido de materia organica decrece irregularmente con la profundidad, razon por la que fueron clasificados como **Fluvisoles** (grafico 12) Por su parte en los **Fluvisoles molicos** y **sali-calcicos** de textura fina se observo mayor proporcion de materia organica de 3 a 3 5% Estos valores altos se atribuyen a la influencia del nivel freatico superficial y a la presencia de textura arcillosa en la mayor parte del perfil Las especies vegetales presentes en estos suelos, con una cobertura del 84%, fueron la *Distichlis humilis Muhlenbergia fastigiata Calamagrostis curvula Festuca dolichophylla* y *Hordeum muticum*

Grafico 9 Variacion de la CIC en suelos Solonchaks

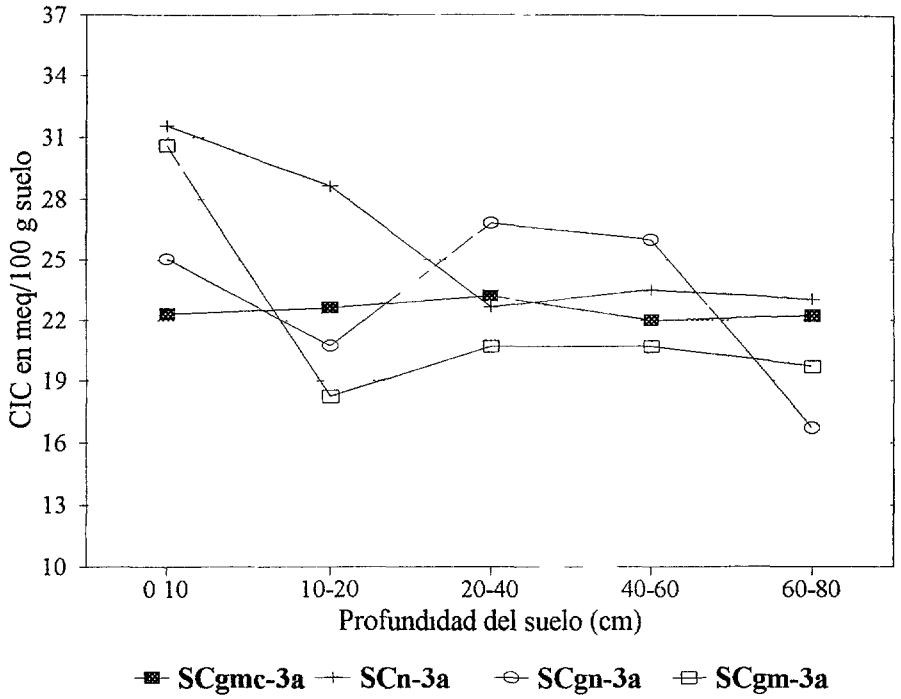


Grafico 10 Variacion de la CIC en suelos Solonchaks

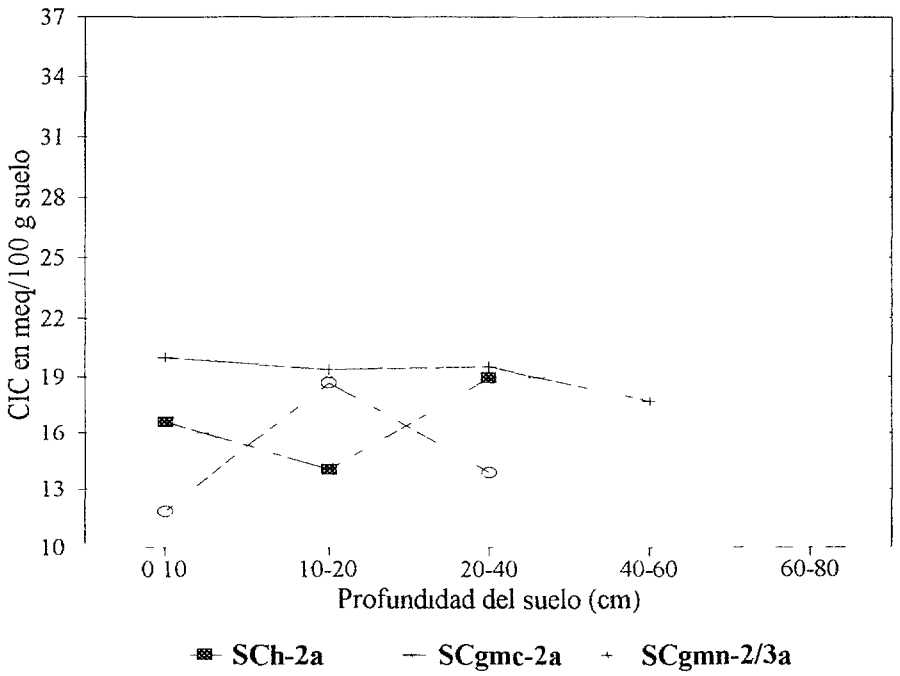


Grafico 11 Contenido de sodio en suelos Fluvisoles

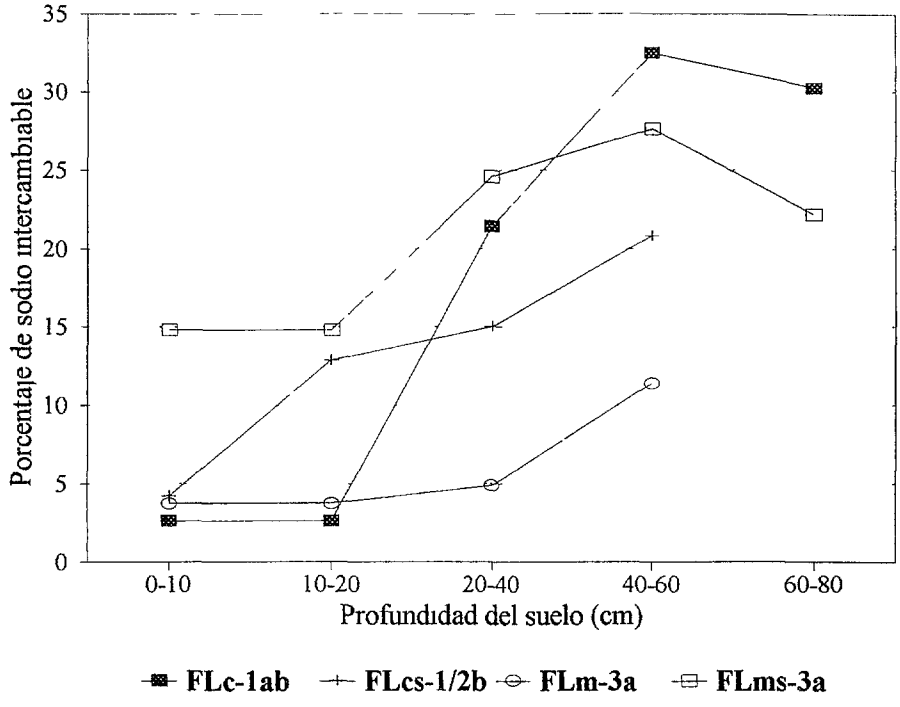
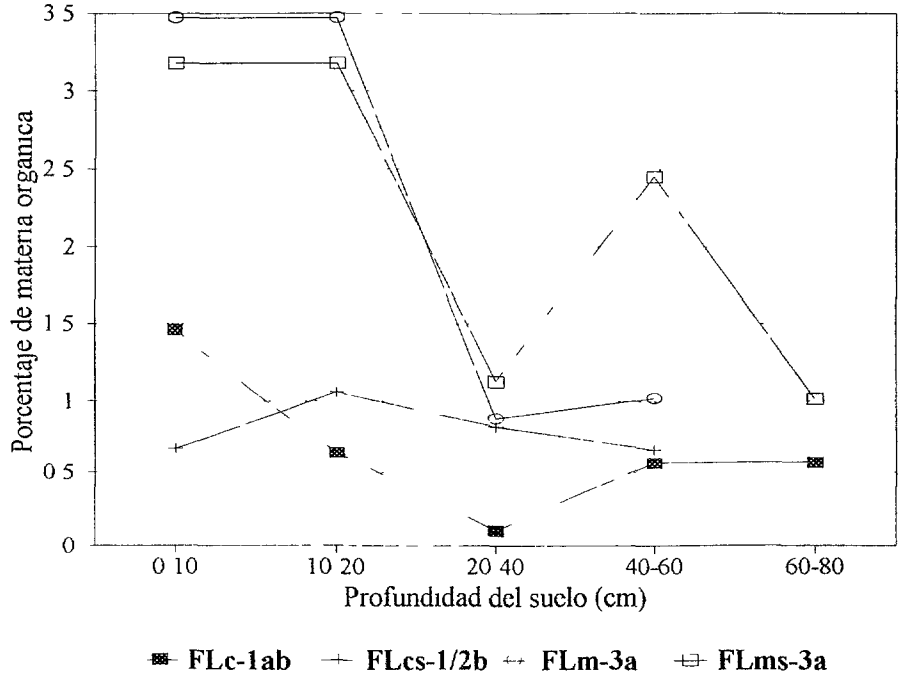


Grafico 12 Contenido de materia orgánica en suelos Fluvisoles



Los **Fluvisoles calcicos** y **salic-calcicos** de textura franco arenosa reportaron menor contenido de materia organica (< a 1 5%) debido a que sus texturas son mas permeables en la parte superficial La vegetacion de estos suelos, con una cobertura del 49%, estuvo conformada por *Parasthrephya lepidophylla, Festuca orthophylla, Stipa ichu, Tetraglochin cristatum Distichlis humilis, Muhlenbergia fastigiata* y *Antobrium triandrum* Se verifico que estas especies en muchas ocasiones son sustituidas por otras cultivadas como la alfalfa, cebada y avena, las que son irrigadas con aguas de los rios Khora jahuira y Desaguadero

En el grafico 13 se observa que el carbonato de calcio de los suelos **Fluvisol salic-calcicos** aumenta con la profundidad desde 3 5 hasta 10% La capacidad de intercambio cationico esta relacionada con la materia organica y la fraccion fina, presentando valores altos de 25 a 30 meq/100 g de suelo En los **Fluvisoles** de textura arenosa la capacidad de retener nutrientes es medio y se halla entre 5 y 15 meq/100 g de suelo (grafico 14)

Suelos de terraza aluvial (Luvisol/Lixisol)

Este grupo de suelos se localizo en la parte mas alta del Canton en una extension de 1464 ha, equivalente al 25% del area total caracterizada La textura de estos suelos en su superficie presento variaciones desde areno francosa hasta franco arenosa, factor que posiblemente limite la presencia de sales El contenido de sodio cambiable fue menor al 10%, aunque en el horizonte **BCk1** de los **Luvisol calcicos** alcanzo hasta el 50% por la mayor concentracion de arcilla (grafico 15)

La conductividad electrica en todos los casos fue menor a 1 mmhos/cm, aunque se pudo apreciar valores mas elevados en los suelos denominado **Luvisol calcicos** La materia organica distribuida irregularmente y manteniendo sus propiedades fluvicas se encontro por debajo del 1 2% La estructura de la superficie, por el escaso contenido de materia organica y granulometria gruesa y mediana fue de grano simple Esto determinaria que estos suelos sean susceptibles a la erosion Por otra parte, el perfil presento una permeabilidad buena hasta excesiva, influyendo negativamente en la capacidad de retener la humedad

Grafico 13 Contenido de carbonato en suelos Fluvisoles

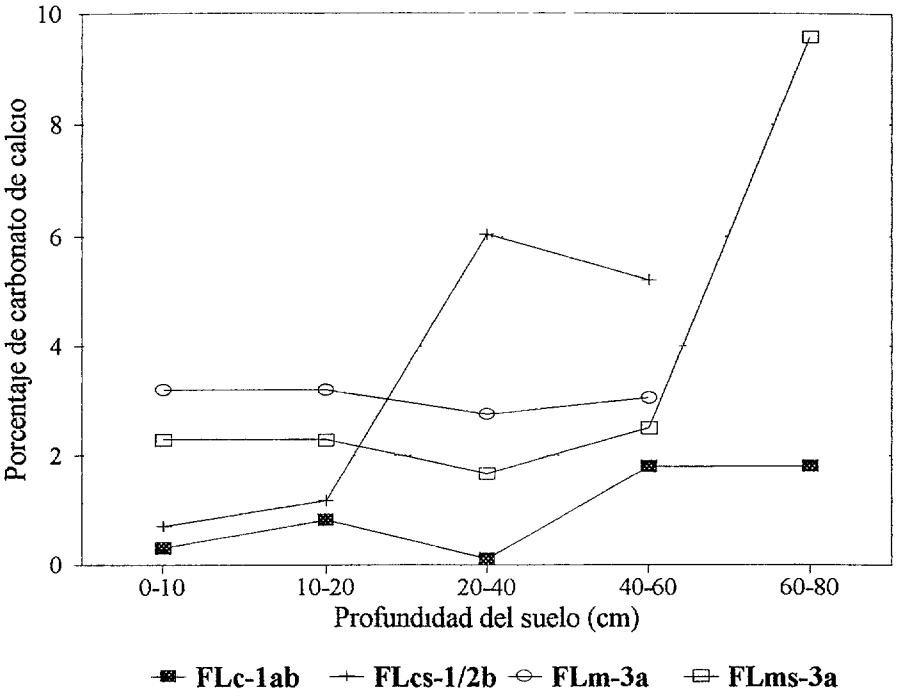


Gráfico 14 Variacion de la CIC en suelos Fluvisoles

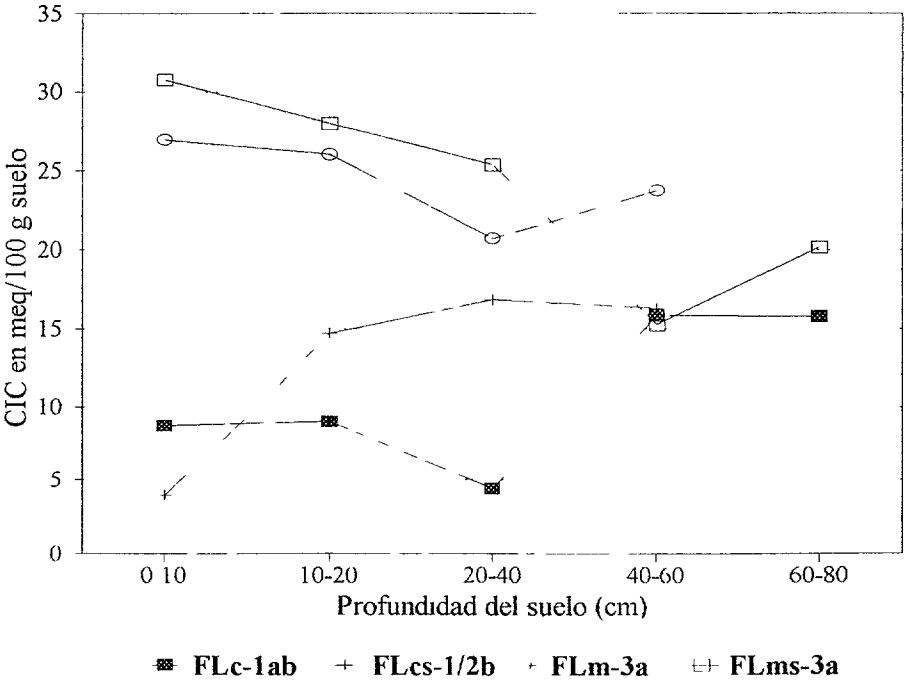


Grafico 15 Contenido de sodio en suelos Luvisol/Lixisol

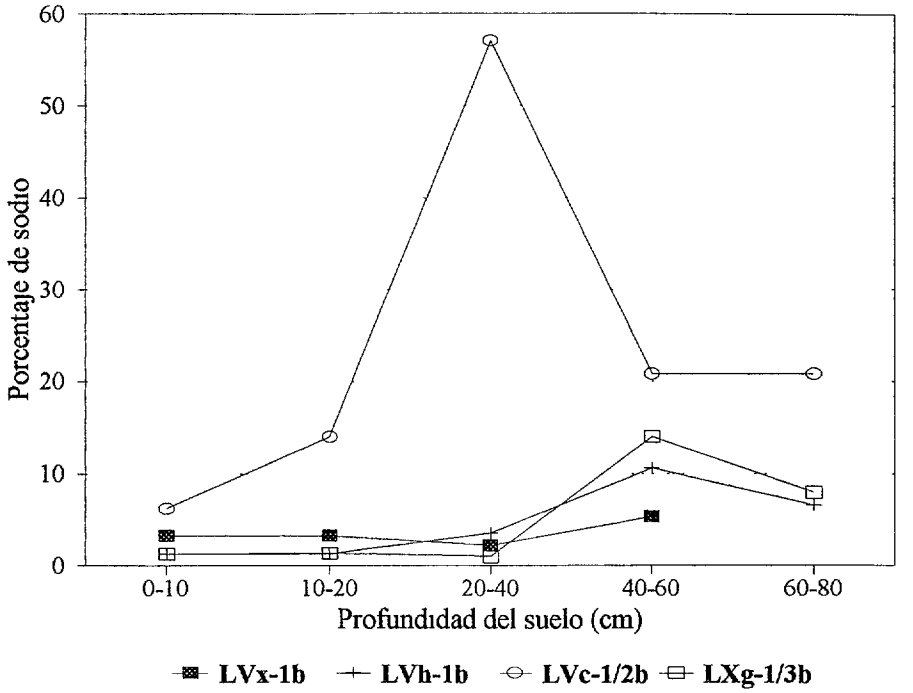
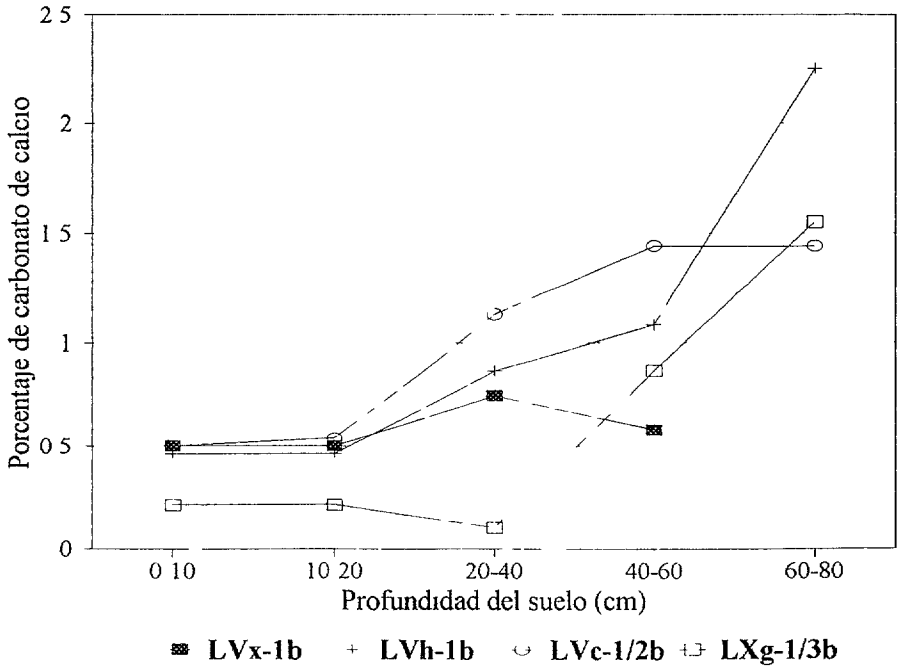


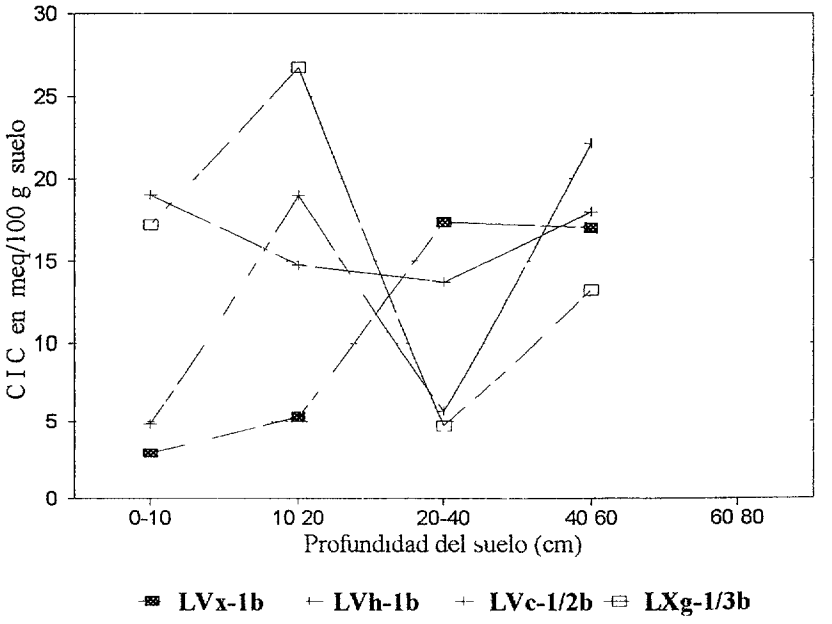
Grafico 16 Contenido de carbonato en suelos Luvisol/Lixisol



Estos suelos (**Terraza Aluvial**), por tener bien desarrollado y definido el horizonte B, presentaron un mayor desarrollo que los suelos salinos Este horizonte, al margen de estar relacionado con una mayor concentracion de particulas finas como la arcilla, reporto una alta acumulacion de carbonato de calcio de hasta 2 3% (grafico 16)

La capacidad de retener nutrientes fue variable debido a las diferencias de las texturas (grafico 17) En la superficie de los **Luvisol cromicos (Lvx1b)** alcanzo valores bajos, aumentando con la profundidad de 3 2 a 17 meq/100g de suelo Estos incrementos se atribuyen a la relacion directa de la proporcion de material grueso La capacidad de retener nutrientes fue mas elevado en los **Luvisol háplicos (LVh-2b)** hasta estabilizarse entre 15 y 20 meq/100 g de suelo Los **Luvisol calcicos (LVc-1/2b)** presentaron una distribucion irregular de acuerdo a la profundidad Morfologicamente el suelo denominado **Lixisol gleyco (Lxg1/2b)** es de similar condicion que los **Luvisoles**, aunque su capacidad de intercambio cationico esta por debajo de 24 meq/100 g de arcilla

Grafico 17 Variacion de la CIC en suelos Luvisol/Lixisol



Todas estas caracteristicas de buena permeabilidad, bajo contenido de sales y un carbonato de calcio que aumenta ligeramente con la profundidad hasta el 2 3% permiten favorable y mayoritariamente el desarrollo de especies nativas como *Parasthrephya lepidophylla* y la *Festuca orthophylla* y el cultivo de especies exoticas como la papa, quinua y avena Estas ultimas, en mayor proporcion que las primeras, extraen diferentes nutrientes como el nitrogeno, fosforo y el calcio entre otros

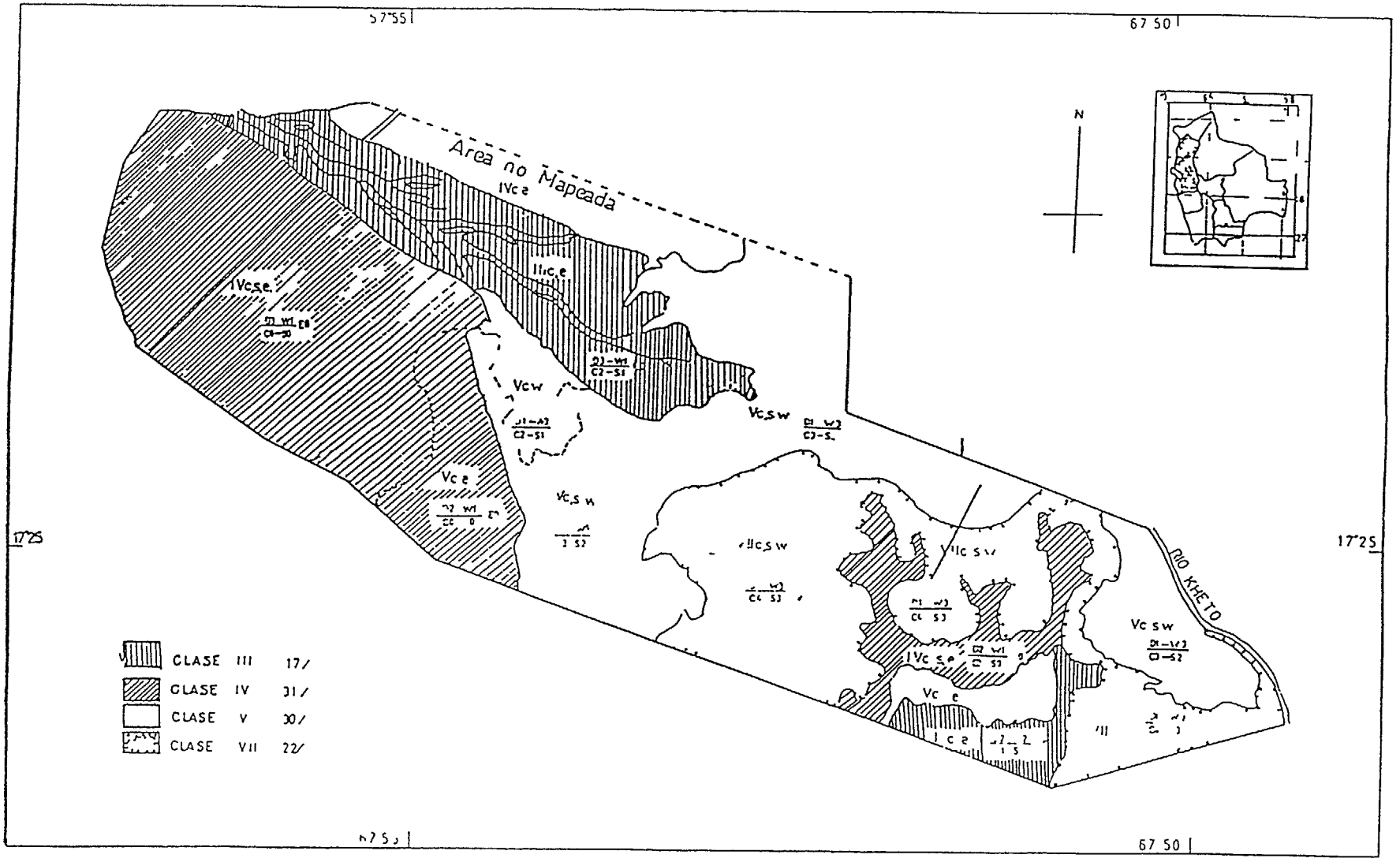
Clasificacion Agrologica

El sistema de Clasificacion por Capacidad de Uso para propositos agrologicos fue desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1977) En el presente estudio este sistema o metodologia permitio en forma practica identificar cuatro diferentes clases de suelo y ubicar las mismas en rangos cuantitativos de acuerdo a su capacidad de uso (cuadro 2 y mapa 4)

Cuadro 2 Capacidad de uso de los suelos de la comunidad San Jose Llanga

Clase	Subclases con limitaciones [1]	Area (ha)	Area (%)
III	IIIc,e y IIIc,w	1061	18 1
IV	IVc,s,e y IVc e	1780	30 4
V	Vc,w, Vc,s,e y Vc,s,w	1712	29 3
VII	VIIc,s w y VIIc s	1300	22 2
Total		5853	100

1/ c e s y w respectivamente factores limitantes de clima erosion suelo y humedad



Mapa 4 Clasificacion Agrologica de suelos en la Comunidad San Jose Llanga segun USDA (1977)

Clase III

Los suelos que pertenecen a esta clase ocupan una superficie de 1061 hectareas, lo que representa el 18 1% del area total estudiado Son terrenos donde se practica el cultivo de especies forrajeras como la *Medicago sativa* (alfalfa), *Avena sativa* (avena) y *Hordeum vulgare* (cebada) Sin embargo, factores como las inundaciones durante la epoca de lluvias y las erosiones hidricas y eolicas influyen negativamente en el normal desarrollo de estos cultivos La unica subclase identificada para esta clase fue la **IIIw,e** que esta localizada en la llanura fluvial y aluvial Entre otras cosas los suelos de esta clase corresponden a los Fluvisoles de FAO/UNESCO (1990)

Clase IV

Los suelos correspondientes a esta clase ocupan una superficie de 1780 hectareas representando el 30 4% del area global caracterizado Estos suelos, por ubicarse a mayor altura en relacion a los otros tipos de suelos, no presentan problemas de inundaciones durante la epoca de lluvias Son destinados a la produccion de cultivos agricolas como la papa, quinua, cebada y trigo para grano Entre las subclases identificadas para esta clase fueron **IVc,s,e** y **IVc,e** El conjunto de estos suelos tambien corresponden a los Luvisoles y Lixisoles del sistema de Clasificacion de FAO/UNESCO (1990)

Clase V

Los suelos pertenecientes a esta clase presentan limitaciones mas severas que de las Clases III y IV No permiten el normal desarrollo de cultivos de escarda pero son aptos para pastizales naturales y el cultivo de pasturas introducidas Ocupan un area de 1712 hectareas equivalente al 29 3% del area total estudiado En su mayoria son terrenos de topografía plana con pendientes de 0 a 2% Las restricciones climaticas que presentan son propias del Altiplano Boliviano y las limitaciones edaficas estan dadas por texturas pesadas drenaje

imperfecto y elevado contenido de sales Segun la Clasificacion de FAO/UNESCO (1990), estan constituidos por los **Solonchaks sodicos** y parte de los **Fluvisoles**

Clase VII

En las 1300 hectareas (22 2%) de esta clase se identificaron las subclases **VIIc,s** y **VIIc,s,w**, las que para la actividad agricola presentan limitaciones mucho mas severas Estas limitaciones estan relacionadas estrechamente con la elevada proporcion de sales y alto contenido de sodio que muchas veces supera el 40% Por estas caracteristicas esta clase de suelos corresponde a los **Solonchaks Hiper-sódicos** de la Clasificacion de FAO/UNESCO (1990)

Conclusiones y Recomendaciones

De los resultados del trabajo de caracterizacion de suelos se concluye los siguientes aspectos

1 El Canton San Jose Llanga puede ser dividido en 5 unidades fisiograficas

Llanura fluvio lacustre (Lfl)
Llanura fluvial (Lf)
Llanura aluvial (La)
Llanura eolica (Le)
Terraza aluvial (Ta)

2 En las 5853 hectareas de superficie total caracterizadas y mapeadas por el Sistema de Clasificacion de FAO/UNESCO (1990) se identificaron 4 grupos de suelos de primer nivel (**Solonchaks, Fluvisol, Luvisol** y **Lixisol**) y 18 unidades de suelos de segundo nivel

3 De las 5853 hectareas, el 52% son suelos **Solonchaks** suelos afectados con diversos grados de salinidad

4 Dentro los suelos **Solonchaks**, el 30% presentan problemas de drenaje y salinidad Sin embargo, en estos suelos es frecuente encontrar un desarrollo regular de las especies vegetales como *Distichlis humilis* y *Muhlenbergia fastigiata* El restante 22% de la superficie por presentar excesos de sodio y drenajes imperfectos, esta catalogado como suelos **Hiper-Solonchaks** En estas condiciones solo se desarrollan especies halofitas como el *Antobrium triandrum* y la *Salicornia pulvinata* La posibilidad de rehabilitar estas tierras con especies no halofitas practicamente es nula

5 Solo el 18% (1095 hectareas) del area estudiado comprende suelos **Fluvisoles** bien drenados, aptos para el cultivo sostenido de *Medicago sativa* (alfalfa) El restante 5% (251 ha) de los **Fluvisoles**, al igual que los **Solonchaks**, presenta problemas de drenaje y acumulacion de sales

6 Los suelos **Luvisoles** y **Lixisoles** abarcan solamente el 25% (1464 hectareas) de la superficie total mapeada No presentan problemas de drenaje, inundacion y salinidad Mas bien son bastante aptos para el cultivo de papa aunque potencialmente estan limitados por la baja fertilidad y escasa capacidad de retener humedad en sus horizontes superiores

7 Finalmente, de acuerdo a la Clasificacion de Capacidad de Uso (USDA 1977), solo el 18 1% (1061 hectareas) de la superficie total mapeada se clasifica como terrenos de Clase III y como Clase IV el 30 4% (1780 hectareas) La restante superficie que abarca el 52% son suelos no aptos para la practica de una agricultura arable

En base a los resultados y conclusiones anteriormente indicados, podria sugerirse las siguientes reflexiones y recomendaciones

1 Aproximadamente el 52 % del area mapeada no presenta condiciones para la practica de una agricultura arable y sostenible Por tanto, proyectos y politicas de desarrollo deben ser dirigidas al incremento de la produccion ganadera sin ignorar la importancia del reducido pero importante componente agricola que abarca un 25% de la superficie estudiada

2 El area con potencial para la produccion de especies forrajeras perennes de manera sostenible se limita a un 18 % de la superficie total estudiada (**Fluvisoles** bien drenados) Esta situacion alerta a que el potencial de produccion de forrajes para una ganaderia especializada de raza pura es limitado Consecuentemente, los esfuerzos para mejorar la calidad productiva de los animales deben estar dirigidos hacia la mejora de animales mestizos y criollos

3 El 52% (3330 5 hectareas) de la superficie mapeada estan cubiertos por suelos salinos **(Solonchaks e Hiper-solonchaks)** Estos suelos ofrecen poca oportunidad para su rehabilitacion debido a las imperfecciones de la infiltracion y drenaje lo que ocasiona la acumulacion de sodio intercambiable Una de las opciones factibles para rehabilitar e incrementar la produccion de estas areas es la introducion de especies halofitas tolerantes a la salinidad como los *Atriplex spp* y la *Suaeda foliosa*

4 Las limitaciones y potencialidades de las especies halofitas introducidas o nativas son desconocidas Por tanto, es necesario y prioritario la implementacion de experimentos a nivel de finca con el objetivo de identificar especies y ecotipos tolerantes a las diferentes condiciones fisico-quimicas y concentraciones salinas

5 La aplicacion de enmiendas quimicas no debe ser dejada de lado Estas experiencias, como la aplicacion del sulfato de calcio, deben necesariamente ser relacionadas a los costos economico-sociales Asimismo, deben utilizarse al maximo la gran abundancia de los abonos organicos (estiercol) en las zonas denominadas **Luvisol/Lixisol** a fin de mejorar sus estructuras y la fertilidad

Bibliografía

ALLISON, L , J BROW y H HAYWARD 1974 Diagnostico y Rehabilitacion de Suelos Salinos y Sodicos Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America Editorial Limusa Mexico D F pp 1-33

ALZERRECA, H 1992 Produccion y Utilizacion de los Pastizales de la Zona Alto Andina de Bolivia Red de Pastizales Andinos/Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuaria (REPAAN/IBTA) La Paz, Bolivia pp 27-33

BOUL, S , F HOLE y R McCRACKEN 1989 Genesis y Clasificacion de Suelos Editorial Trillas Mexico D F pp 125-133

CALA, E 1994 El Sistema de Tenencia de Tierras en la Comunidad San Jose Llanga, Provincia Aroma del departamento de La Paz Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andres La Paz, Bolivia 154p

COCHRANE, T 1973 El Potencial Agricola del Uso de la Tierra en Bolivia Editorial Don Bosco La Paz, Bolivia pp 174-176

DUCHAOFOUR, P 1978 Manual de Edafologia Toray-Mason S A Barcelona, España 406p

FISEL, U y W HANAGARTH 1983 Estudio Ecologico en una Comunidad del Altiplano Boliviano Ecologia en Bolivia No 4 La Paz, Bolivia pp 1-17

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITES NATIONS (FAO) 1988 Soil Map of the World-revised leyend World Soil Resources Report 60 Roma, Italia

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITES NATIONS (FAO) 1977 Guia para la descripcion de perfiles Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion Roma, Italia pp 69

GASTO, J , F COSIO y D PANARIO 1992 Sistema de Clasificacion de Ecoregiones y Determinacion de Sitio y Condicion Manual de Aplicacion a Municipios y Predios Rurales Santiago, Chile pp 40-75

INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (IBTA) 1992 Analisis de la Informacion Secundaria del Altiplano Boliviano Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuaria Boletin Tecnico 04/SIPAB02/1992 La Paz, Bolivia pp 28-35

LIBERMAN, M y U FISEL 1983 Uso de la Tierra en la Region de Huaraco, Antipampa y Pujravi del Altiplano Central de Bolivia Ecologia en Bolivia No 4 La Paz, Bolivia pp 31-32

MASSY, N 1994 Mapeo y Caracterizacion de Campos Nativos de Pastoreo del Canton San Jose Llanga Tesis de Grado, Universidad Tecnica de Oruro, Facultad de Ciencias Agricolas y Pecuarias Oruro, Bolivia 74p

MONTES DE OCA, I 1986 Geografía y recursos naturales de Bolivia Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto La Paz, Bolivia

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION/ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACION, LA CIENCIA Y LA CULTURA(FAO/UNESCO) 1990 Mapa Mundial de Suelos Informe Sobre Recursos Mundiales de Suelos No 60, Centro Internacional de Referencia e Informacion de Suelos Roma, Italia 142p

ORTIZ, C y E CUANALO 1981 Introduccion a los Levantamientos de Suelos Colegio de Post-Graduados Chapingo, Mexico 81p

ORTIZ, F 1975 Edafologia Escuela Nacional de Agricultura, Universidad Agraria de Chapingo (UACH) Chapingo, Mexico 290p

ORSAG, V 1992 Factores Limitantes del Altiplano para la Agricultura y Degradacion de las Propiedades Fisicas del Suelo Servicios Multiples de Tecnologia Apropiada- Universidad Mayor de San Andres (SEMTA-UMSA) Ciclo de Conferencias sobre Ecologia y Agricultura La Paz, Bolivia pp 51-68

PEÑA, O 1994 Evaluacion de los Recursos Hidricos del Canton San Jose Llanga, Provincia Aroma, Departamento de La Paz Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomia La Paz, Bolivia 143p

PIZARRO, F 1987 Riegos Localizados de Alta Frecuencia Ediciones Mundi Prensa Madrid, España pp 73-123

RUIZ, M y Z BUSTAMANTE 1988 Descomposicion de la materia organica bajo condiciones controladas Ecologia en Bolivia N° 4 La Paz, Bolivia pp 47-64

SALM, H 1983 Estudio Preliminar de Suelos del Altiplano Central de Bolivia Ecologia en Bolivia No 4 La Paz, Bolivia pp 43-57

SALM, H y E GEYLER 1987 La Salinizacion del Altiplano Central de Bolivia y su Influencia sobre la Cobertura Vegetal Ecologia en Bolivia No 10 La Paz, Bolivia pp 37-47

TAPIA, M 1984 El Ecosistema de Los Andes del Sur del Peru y su Relacion con los Pastizales Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigacion en Rumiantes Menores, Pastoreo y Pastizales del Sur del Peru Lima, Peru pp 67-70

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE (USDA) 1977 Soil Surve, Handbook 18 United States of America

WASHINGTON-ALLEN, R A 1994 Historical analysis of use/land cover change on the Bolivian Altiplano A remote sensing perspective A thesis of Master of Science in Range Ecology, Utah State University Logan, Utah 85 p

ZEBALLOS, H 1993 Agricultura y Desarrollo Economico II Centro de Informacion para el Desarrollo-Cooperacion Tecnica Suiza (CID-COTESU) La Paz, Bolivia pp 33-38