



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



INDICE DE FERTILIDAD EN SUELOS y TENENCIA DE LA TIERRA EN LAS AREAS INTEGRADA Y EXPANSIÓN DE SANTA CRUZ - BOLIVIA

Miguel Murillo Illanes & Hernán Vásquez
La Paz, Noviembre, 2010

1. Introducción

El Proyecto de Innovación Estratégica Nacional “Tecnologías para el uso sostenible del suelo en las zonas integradas y de expansión del Trópico Húmedo” (MDRAYMA, 2007), manifiesta que el dinamismo económico de la actividad agropecuaria en Santa Cruz, según muchos autores (Barber, 2001, Bojanic, 2001, Urioste, 2000) ha ocasionado la habilitación de suelos a través del desmonte, abarcando más de 2 millones de hectáreas en todo el departamento (Camacho, et al 2001) para el uso extensivo en la siembra de cultivos, caracterizado por el uso no sostenible de este recurso natural, con consecuencias alarmantes de degradación física, química, y biológica, existiendo en la actualidad al menos 250.000 hectáreas de tierras agrícolas degradadas dedicadas a una pradera natural de baja productividad (Wall.P, 2002).

La disminución de la capacidad productiva de los suelos en Santa Cruz, está causada principalmente por: 1) la Deforestación, o desmonte de bosque para la ampliación de la frontera agrícola sin tomar en cuenta normas de uso y de protección a la acción eólica para evitar los efectos erosivos dañinos al suelo y cultivos (ibíd); 2) Uso de Técnicas inadecuadas de manejo de suelos, por el uso excesivo de implementos de labranzas convencional (ibíd); y 3) Uso de Técnicas inadecuadas de manejo de cultivos, debido a la falta de rotación de cultivos, así como de paquetes tecnológicos adecuados bajo un enfoque sostenible del sistema de producción agrícola.

En el Área Integrada la degradación de los suelos está caracterizada por una drástica pérdida de materia orgánica y en consecuencia la presencia de capas compactadas subsuperficiales que reducen la infiltración del agua y la capacidad de enraizamiento de los cultivos, este hecho incide en el bajo almacenamiento de agua y estrés hídrico de los cultivos, no obstante de contar con regímenes de lluvia normales.

En el Área de Expansión la mayor intensidad del desmonte comprendió el periodo 1992 a 1995, disminuyendo de manera gradual hasta el año 1999 (Severiche 1992). En el eje Pailón – Pozo del Tigre - Los Troncos se presentó el más alto índice de deforestación, alcanzando al menos 420.000 hectáreas (Montenegro, 2003).

El proceso de degradación de los suelos es algo similar al Área Integrada debido a que las características de manejo y los sistemas de producción son similares (implementos de labranza, monocultivo, etc.). Considerando que su desarrollo agrícola es mas reciente (desde el año 1990), los problemas de compactación y encostramiento de suelos son mucho más drásticos debido a las características físicas de los suelos (alto porcentaje de limo), distribución irregular de lluvias y pérdida de la capacidad de retención de humedad en el perfil del suelo.

En la actualidad la degradación de los suelos en el Departamento de Santa Cruz ha llegado a proporciones alarmantes; se estima que existen aproximadamente 250.000 hectáreas de tierras agrícolas degradadas (Protrigo, 2002), que están dedicadas en el mejor de los casos a una pradera natural de baja productividad (Barber y Navarro, 1994). Este aspecto, ha ocasionado que los productores de las áreas afectadas migren a otras zonas para habilitar nuevas tierras de cultivo (Killeen, et al 2002), dando como resultado un proceso continuo de degradación, abandono y desmonte.

Como consecuencia de las pérdidas en la producción durante los últimos años, ha ocurrido un importante desplazamiento de agricultores desde el Área de Expansión hacia el Área Integrada, en el eje Chané – Peta Grande - Limoncito, abarcando también los bañados más recientes del Río Grande, que se caracteriza por

ser una zona más lluviosa. Esa situación está generando que extensas áreas localizadas en llanuras de inundación subreciente y reciente y cubiertas por asociaciones de tacuaras, cañahuecas y chuchios e islas de bosque primario y secundario, desarrolladas en suelos jóvenes, muy frágiles y con bajos niveles de materia orgánica (Barber y Romero, 1993).

En el marco de estos antecedentes, se ha realizado el presente trabajo para lograr más información que sea complementaria a la ya lograda por el Proyecto de Innovación Estratégica Nacional “Tecnologías para el uso sostenible del suelo en las zonas integradas y de expansión del Trópico Húmedo” (PIEN – Suelos, MDRyMA, 2007), de esta manera poder contribuir con mayor eficiencia en las tareas de uso y manejo integral del recurso suelo en las áreas Integrada y Expansión, consideradas las más importantes de la producción agroindustrial del país.

2. Caracterización del área y de los suelos

El área productiva del Departamento de Santa Cruz cuenta con pequeños, medianos y grandes productores, principalmente asentados en las áreas Integradas y Expansión (ver Mapa N° 1), de los cuales la mayoría de los propietarios aplican tecnologías para la explotación agrícola (semilla genética de alto potencial, maquinaria especializada, insumos químicos para la protección de los cultivos, etc.).

Según las estadísticas del Ministerio (UIEPDRS, 2010), se ha podido conocer que los rendimientos promedios de los cultivos por hectáreas se reducen; aspecto coincidente con los reportes de la Cámara Agropecuaria del Oriente (CAO). También el CIAT a través de sus trabajos desarrollados muestra que los niveles de fertilidad y las características físicas de los suelos se están deteriorando.

Según ANAPO (2010), en Departamento de Santa Cruz se han desmontado alrededor de 2.000.000 ha, de las cuales, en la actualidad, cerca de 250.000 han cambiado de uso por los bajos rendimientos, convirtiéndose en pasturas degradadas o áreas en proceso de abandono, dando lugar a la expansión de la frontera agrícola debido a los sistemas de producción tradicionales imperantes, especialmente en sistemas bajo agricultura mecanizada.

La baja productividad de los suelos está relacionada principalmente al uso de sistemas inadecuados de labranza, falta de rotación de cultivos, de abonos verdes, cultivos de cobertura, cortinas rompe viento y otros. Dando por resultado el deterioro de las características del suelo, como ser compactación, pérdida de materia orgánica, disfunción de la infiltración de agua, erosión, pérdida de la estructura, entre otros. Estos factores ocasionan una baja capacidad de enraizamiento de los cultivos, teniendo como resultados final una baja productividad y la necesidad de habilitar más tierras.

Si bien la difusión de técnicas conservacionistas ha registrado una adopción significativa, como es el caso de la siembra directa que llega cerca al 50 % del área sembrada con cultivos anuales, es importante aclarar que está práctica es sólo un componente de un sistema del manejo sostenible del suelo (ibíd).

Ante esta situación, el Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario y Medio Ambiente conjuntamente ANAPO y el CIAT, ejecutaron el proyecto de Innovación Estratégica Nacional en “Tecnologías para el Uso Sostenible del Suelo en las Zonas Integradas y de Expansión del Trópico húmedo” (PIEN SUELOS), habiendo logrado: Un diagnóstico socioeconómico y de suelos; Imágenes satelitales de los recursos naturales y de uso de suelos (histórico de 10 años), Zonificar climáticamente; Sistematizar tecnologías sostenibles de manejo físico, químico y biológico, y Proponer tecnologías conservacionistas de manejo de suelos; Además, de haber formulado propuestas de regulación para el uso de suelos (MDRAYMA, 2007).

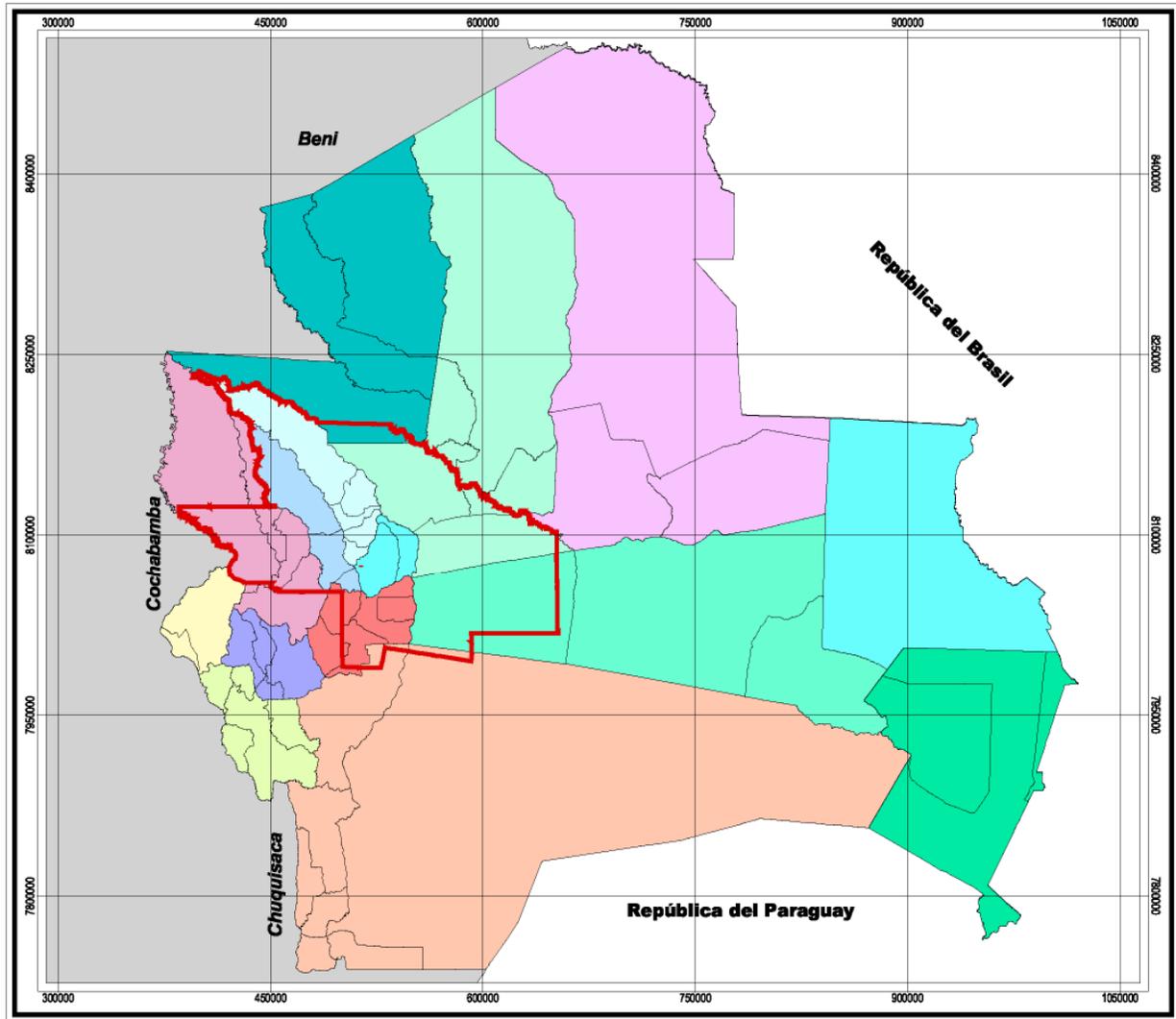
2.1.1. Ubicación y extensión

El área de estudio tiene una extensión de 41.900 km² y comprende parcial o totalmente la jurisdicción de 22 municipios (ver mapa 1). La cual con fines de estudio ha sido dividida en dos zonas separadas por el Río Grande, cada una conformada por tres sub zonas (ibíd):

Zona Integrada; Comprende parte de las provincias Andrés Ibáñez, Obispo Santisteban, Sara, Ichilo y toda la provincia Warnes y esta subdividido en tres sub zonas: Montero – Yapacaní, Montero – Chane y Sur Central, considerando las características climáticas. Geográficamente está definida por el Norte con el

paralelo 8.120.000 (17° 00' 00") por el Este con límite natural del Rio Grande, al Oeste el Ríos Yapacaní y pie de monte, al Sud el paralelo 7.000.000 (17° 56' 36"). La superficie de estudio corresponde a 21.752 km².

Mapa N° 1. Ubicación del Área Estudiada



Escala Aprox. 1:5.000.000



Zona de Expansión; Incluye a las provincias Guarayos, Ñuflo de Chávez y Chiquitos y ha sido subdividida en tres sub zonas: San Julián, Cuatro Cañadas y Pailón – Pozo del Tigre. Los límites establecidos son: el norte el paralelo 8.190.000 que marca una línea recta entre los Ríos Grande y San Julián, al este el Río San Julián hasta el meridiano 645.000, al sur desde el meridiano ya citado una línea quebrada hasta el Río Grande cuyo curso define el límite este y ocupa un área de **20.148 km²**.

2.1.2. Clima

Clima predominante en la Zona Integrada; Para San Juan de Yapacaní se tiene una evapotranspiración anual de 1.212.6 mm y una precipitación pluvial promedio anual de 1.802.25 mm; por lo tanto, se tiene un exceso de agua de 660.7 mm, distribuidos en todos los meses del año a excepción de los meses de julio, agosto y septiembre en los que se tiene un déficit (71 mm para los tres meses), siendo los meses de mayor precipitación pluvial o muy húmedos, enero, febrero y marzo, sumando a 410.7 mm el exceso de agua (ibíd).

En Saavedra tiene una evapotranspiración de 1.420.0mm, y una precipitación pluvial de 1.175 mm. teniendo un déficit de 435.2 mm distribuidos en todos los meses del año, con excepción de enero y febrero que tiene un exceso de 98.0 mm para los dos meses, siendo los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre los que tiene mayor déficit de humedad (aproximadamente el 70% el déficit total de humedad).

El área de influencia de la estación de Santa Cruz, tiene una evapotranspiración de 1.346.5 mm y una precipitación pluvial de de 1.126.5 mm (ver Mapa N° 2), dando lugar a un déficit anual de 307.6 mm, distribuidos en la mayoría de los meses del año, a excepción de los meses de enero y febrero que suma un exceso de 87.6 mm, siendo los meses de agosto, septiembre octubre y noviembre con mayor déficit, que representan un 77 % del déficit total.

Otro factor climático de importancia para la agricultura es la temperatura, la misma que tiene poca variación en toda el área Integrada, así tenemos los registros de temperatura en las estaciones climatológicas de Santa Cruz, Saavedra y San Juan de Yapacaní, con promedios anuales de 24.6; 24.0 y 24.07 °C.

La temperatura promedio mensual baja en los meses de mayo, junio, julio y agosto hasta 20 o 22 °C, coincidiendo con la época de invierno, mientras que los promedios de las temperaturas más elevadas alcanzan los 40 °C.

Por todo lo expuesto se puede decir que en el área integrada tiene una variación en cuanto a clima se refiere; según Holdrige se tiene las siguientes clasificaciones de climas: bosque húmedo tropical (bht), bosque muy húmedo subtropical (bmh-st), bosque húmedo subtropical (bh-st), bosque húmedo templado (bh-te) y bosque seco templado (bs-te).

Clima predominante en la Zona de Expansión; De acuerdo a los registros de la estación meteorológica de San Julián (FIDES), nos muestra que el promedio anual de precipitación es de 1.322 mm (1978-1987), aunque este valor puede aumentar algo hacia el noreste porque se nota mayor humedad.

Datos parciales registrados en Aserradero “Guapay” ubicado a 50 km. NW de FIDES muestran valores promedio de lluvia de 1.807 mm (1980-1988), pero se considera este valor como fuera de lo racional a menos que reciba una influencia muy grande del río Grande, en todo caso, no puede ser representativo de la zona.

Del promedio anual, el 77 % de las lluvias cae en los meses de Noviembre-Marzo que es el periodo de crecimiento de los cultivos de verano, en invierno, Junio-Agosto, cae el 15 % de la lluvia, por lo que son los meses más secos. La temperatura media anual es de 24.3 °C pero los extremos diarios fluctúan entre 30 - 35 °C la máxima (en verano) y 3 - 5 °C (en invierno).

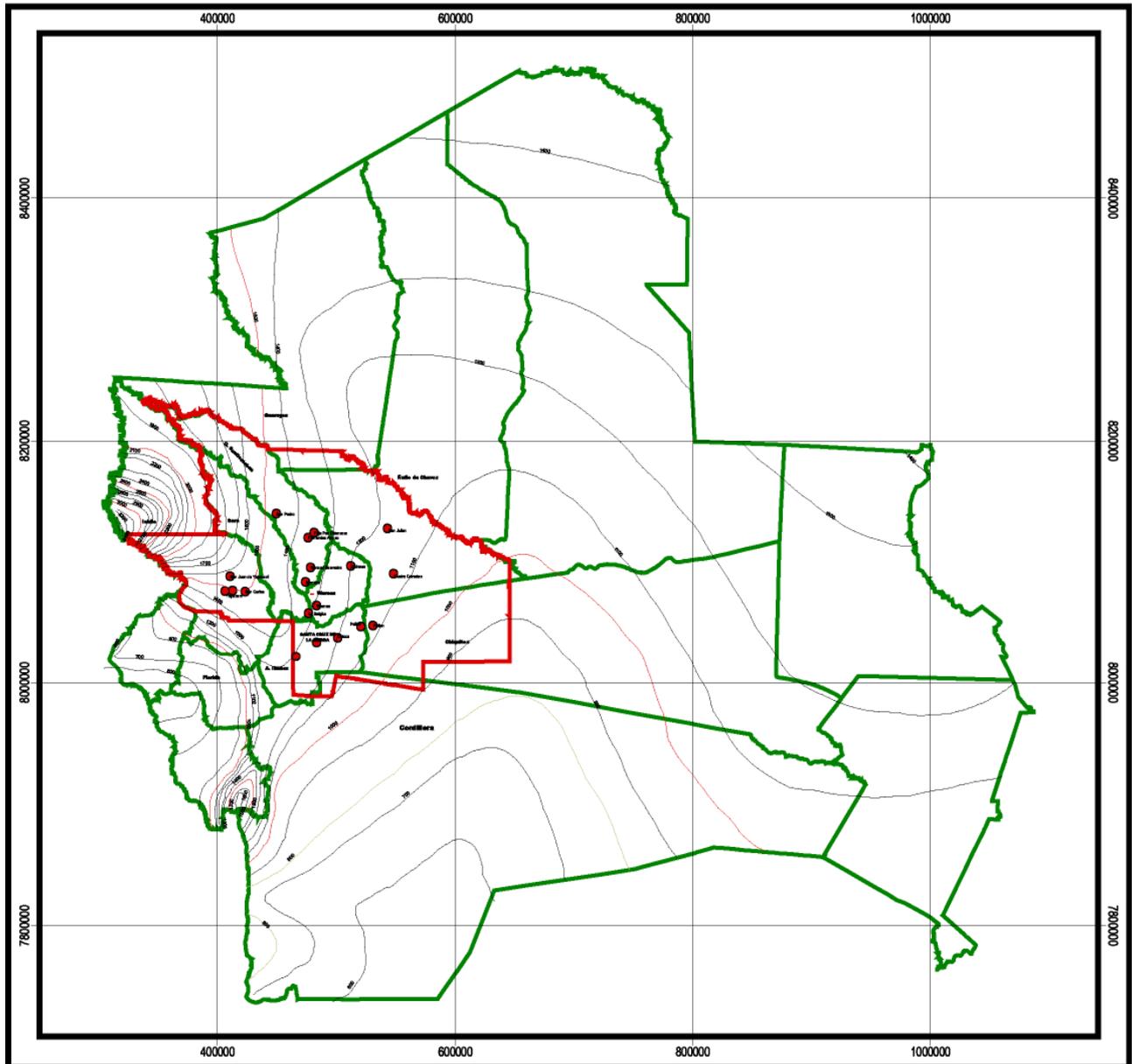
La ETP es de 1.256 mm, lo que aparentemente no da, sino un mínimo exceso de humedad que se presenta en los meses de febrero, marzo, abril y mayo y el déficit es solo en el mes de octubre.

Esto nos indica que los cultivos de verano tendrán siempre éxito para llegar a las cosechas, salvo años de extrema sequía e irregular distribución de la misma dentro del mes. Los cultivos de invierno con siembras efectuadas a fines de abril podrían alcanzar o generar una cosecha con algún riesgo sobre todo emergente

del comportamiento de las precipitaciones invernales puesto que el balance hídrico no muestra deficiencia sino equilibrio muy sensible.

Finalmente, de acuerdo a la clasificación de zonas de vida del Dr. L.R. Holdrige (Mapa Ecológico de Bolivia) el área de estudio corresponde a bosque seco templado (bs-TE), sin embargo, analizando la naturaleza y desarrollo de la vegetación natural, consideramos que a partir del paralelo 17, y hacia el río Grande, correspondería a bosque húmedo subtropical (bh-ST) o el menos en transición (ibíd).

Mapa N° 2. Isoyetas 2005



Escala Aprox. 1:5.000.000



Isoyetas cada 100 mm de agua

- Centros poblados
- Área del proyecto
- Provincias

2.1.3. Geología del área

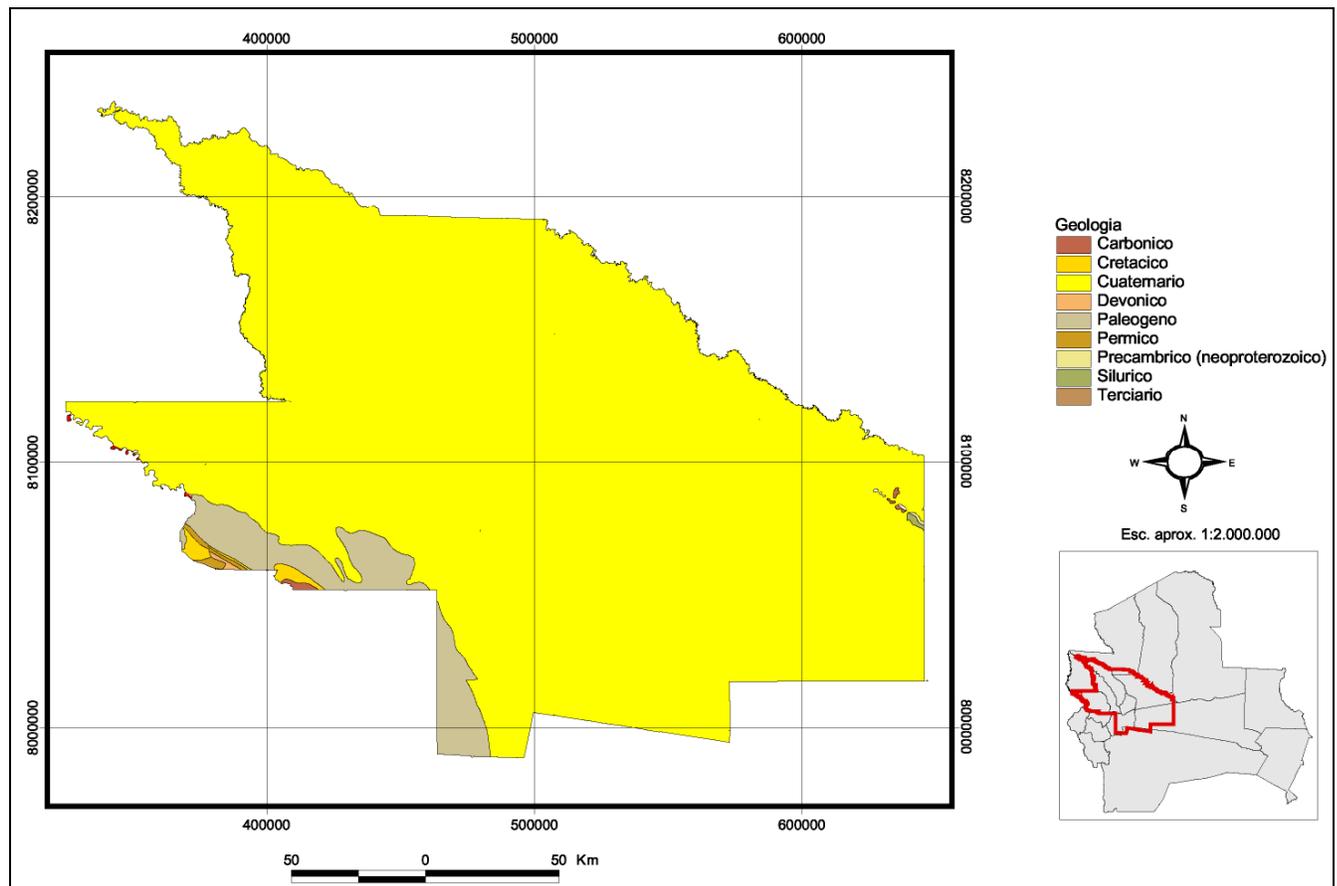
Para el área de estudio, se identifican 2 de las 6 unidades morfoestructurales identificadas para Bolivia (ibíd.); las cuales se describen a continuación (ver Mapa N° 3):

La Faja Subandina; que bordea el extremo oriental de los Andes. Zona de serranías medias a bajas, cortada transversalmente por ríos antecedentes en una etapa juvenil de erosión. Morfoestructuralmente, corresponde a lo que debiera llamarse Preandino y que siguen el rumbo general del Sistema Andino.

La Llanura Chaco-Beniana; ubicada entre el escudo Chiquitano o Brasileiro y la Faja Subandina, caracterizada por ausencia casi total de relieve; su horizontalidad podría deberse al hecho de estar formada de material del cuaternario, acumulado sobre una superficie semipeneplanizada de formaciones más antiguas. Unidad cubierta de vegetación tropical, con presencia de sabanas, pantanos y curichales.

Los sedimentos que cubren la superficie de la Llanura Chaco-Beniana, en el área de estudio, está constituida casi en su totalidad por depósitos aluviales producto de la erosión de las corrientes de agua durante el cuaternario, de un modo general estos residuos forman una alternancia de arenas, limos y arcillas de distribución lenticular y localizadas en función a su velocidad de desopilación formando una secuencia de sedimentos del Paleozoico, Mesozoico y del Terciario con un espesor de más o menos 6.000 m y que por efecto de su edad reciente están poco consolidados.

Mapa N° 3. Geología



2.1.4. Fisiografía del área Integrada y de Expansión

Las unidades fisiográficas representan los paisajes que a su vez constituyen complejos o asociaciones de suelos; estas unidades tienen significación geomorfológica, es decir constituyen al mismo tiempo las grandes unidades geomorfológicas que a su vez se dividen en sub paisajes que dan lugar a lo que se denomina

unidades de terreno que son las utilizadas para investigaciones referidas a capacidad de uso del suelo o zonificación agroecológica al nivel Municipal (ibíd).

Por efecto del área de cobertura del trabajo de diagnóstico de suelos (41.059 Km²) se ha considerado tomar como unidad de análisis al nivel de agregación más general (Paisaje), esto debido a que podemos alcanzar un nivel de caracterización más homogéneo para un mejor análisis a una escala de trabajo adecuada. En base a estas consideraciones, en el área de estudio se han identificado las siguientes unidades fisiográficas o paisaje (ver Cuadro N° 1 y Mapa N° 4).

Cuadro 1. Distribución de unidades fisiográficas en el área Integrada y de Expansión

Código	Área Km ²	%	Unidad Fisiográfica
A	23321.45	56.79	Llanura aluvial antigua
I	5441,3	13.25	Llanura de inundación antigua
R	3591.29	8.74	Llanura aluvial reciente
S	1841,9	4.5	Llanura aluvial subreciente
MR	514,64	1.25	Llanura aluvial muy reciente
W	239,84	0.58	Llanura aluvial muy reciente con lagunas temporales
E	2207,5	5.38	Llanura eólica
T	173,75	0.44	Terrazas bajas a altas onduladas
SA	347,54	0.85	Serranía del Amboró
PA	788,09	1.91	Altiplanicies con pendientes disectadas
B	645,48	1.56	Bajadas
Pdm	1459,9	3.56	Pie de monte con pendientes suaves a planas
Rio	437,74	1.07	Río
AU	48,74	0.12	Área Urbana
TOTAL	41059	100	

El grado de desarrollo de los suelos y sus características físico químicas están estrechamente relacionado con la unidad fisiográfica, en lo que se refiere a su grado de desarrollo edáfico, características de humedad del perfil y su fertilidad natural.

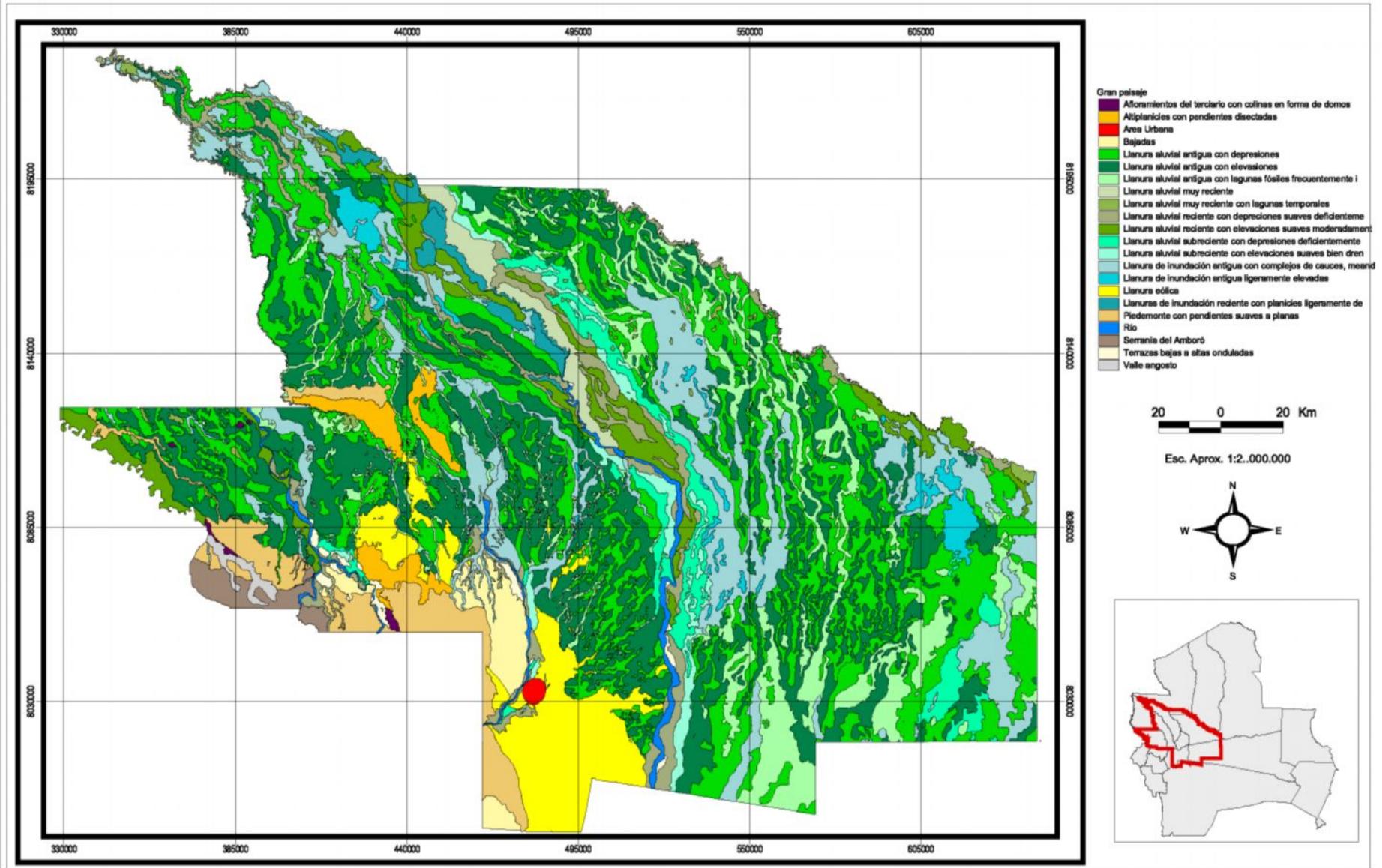
De las unidades fisiográficas identificadas debemos enfocar nuestra atención en el conjunto de llanura aluvial antigua y llanura de inundación antigua (70.04 % del total), que en ese orden presentan características edafológicas favorables para la implementación de cultivos intensivos en limpio solamente limitadas por las condiciones de drenaje.

Las llanuras aluviales reciente y subrecientes (13.24% del total), presentan características de fertilidad limitadas debido a que los agentes formadores del suelo solo han actuado por poco tiempo sobre los depósitos aluviales y están en estrecha relación con la velocidad de infiltración del agua.

Los suelos desarrollados sobre llanuras aluviales muy recientes (2.83 % del total), son suelos muy jóvenes por efecto a que las arcillas depositadas por efecto de inundaciones de los ríos, son del tipo 1:1 (caolinitas), es decir son suelos de buena fertilidad pero sin un desarrollo edáfico estable, por su origen estos suelos están afectados por inundaciones periódicas.

Las llanuras eólicas que ocupan el 5.38 % del total del área del proyecto, se caracterizan por formar suelos con importantes porcentajes de arena que influyen directamente en el bajo contenido de materia orgánica, arcilla y pérdida acelerada de humedad.

Mapa N° 4. Unidades Fisiográficas Mayores



En síntesis podemos indicar, que las características de las unidades fisiográficas del área de estudio del proyecto, otorgan a los suelos en general, propiedades singulares de fertilidad, que solo con un adecuado manejo podemos asegurar su sostenibilidad.

2.1.5. Vegetación Natural del Área Integrada y de Expansión

Como consecuencia de la actividad agropecuaria, la mayor parte de la vegetación natural de la zona de estudio ha sido eliminada; surgiendo en su reemplazo el bosque secundario bajo o sotobosque, así como campos de pastoreo para ganado (ibíd).

Por los informes recopilados de los antiguos pobladores, se sabe que la mayor parte del “área integrada” estaba cubierta por una capa de bosque continua de fisonomía homogénea, surcado de numerosos arroyos y ríos con caudal de agua permanente. Actualmente aún es posible encontrar ciertas áreas cubiertas con bosque alto, que constituyen los remanentes de la cubierta original.

Asimismo el Área de Expansión aun en el año 1986 no presentaba índices sustanciales de intervención antrópica reflejada en la ampliación de la frontera agrícola por el análisis e interpretación de imágenes de satélite de la época se puede observar que se contaba con una importantes cobertura de bosque primario, en la actualidad como ocurre en al área integrada en pocos lugares se puede identificar restos de este tipo de vegetación que ha dado paso al bosque secundario o a extensas áreas bajo barbecho.

El sector Norte y Nor-Oeste de la zona de estudio, se caracteriza por presentar una vegetación de bosque alto, densa y de composición heterogénea. En ella se asocian de un centenar de especies forestales algunas de ellas de gran valor para la industria maderera; tales como: la Mara (*Swietenia macrophylla*), Ochoó (*Hura crepitans*), Yesquero (*Bariniana* sp), Verdologo (*Terminalia amazonia*), Sangre de Toro (*Virola* sp), Copaibo (*Copaifera* sp) y otras.

La zona central y más hacia el Este del área de estudio, presenta una vegetación variable. Aunque una gran parte del área, está ocupada por sistemas de cultivos intensivos en limpio, aún es posible encontrar vestigios de bosque alto y bajo con sotobosque denso, así como vegetación de sabana con isla de bosque aisladas. Según el tipo de bosques deciduo, así, como la presencia de especies tanto de la región húmeda como de la región xerofítica, esta zona sería la zona de transición entre bosque húmedo y bosque seco.

Finalmente el sector de pie de monte, localizado hacia el Oeste del área de estudio, también presenta un bosque deciduo en las partes altas de las laderas y en las hondonadas se encuentra bosque alto siempre verde, encontrándose con algunos sectores especies maderables como ser: Cedro (*Cedrela* sp.), Nogal (*Juglans* sp.), algunas lauráceas y muchas otras especies aún desconocidas.

Observando el área de estudio en su conjunto, se puede apreciar que un sector bastante extenso está influenciado por las corrientes eólicas predominantes, donde la vegetación natural, generalmente compuestas por sabanas arboladas está siendo removida, por el excesivo sobre pastoreo y el uso del fuego no controlado, dando lugar al surgimiento y proliferación de dunas.

La zona afectada por la erosión eólica, comienza en Buen Retiro, continuando hacia el Sur-Este por Caranda, Colpa Bélgica, Viru-Viru, Santa Cruz, El Palmar, hasta el Río Grande, siguiendo la dirección dominante del viento de Noreste a Sureste. Los pastos naturales se encuentran, casi en todos los paisajes, pero con mayor frecuencia en los suelos con problemas de drenaje.

Por otro lado en el área de expansión en especial al sur de la misma durante todo el año se encontraban en el suelo grandes reservorios de agua que permiten el crecimiento exuberante de la vegetación cuanto más se retira el agua del suelo durante la estación seca, cuanto más marcada es la caída de las hojas, los suelos que se secan poco producen una vegetación que pierde sus hojas solo durante poco tiempo.

La ecología de estos suelos es muy frágil es así que un desequilibrio del sistema por la pérdida de la cobertura vegetal y por ende cambio en la distribución anual de la lluvia influye en la disponibilidad de agua en el suelo (ver Cuadro N° 2 y Mapa N° 5).

Cuadro 2. Distribución de unidades mayores de vegetación en el área Integrada y de Expansión

No.	Unidad de Mapeo	Descripción	Observaciones
1	IA	Bosque denso siempre verde	Localizado tanto en el área integrada como en la zona de expansión, en la actualidad este tipo de vegetación ha sido completamente intervenido y solamente las áreas inaccesibles se encuentran intangibles.
2	IB	Bosque denso decíduo	Caracterizado por ser de protección y conservación de cursos de agua está seriamente intervenido y en algunas zonas ha desaparecido, las mismas están en riesgo de inundación.
3	IAB	Bosque denso semi siempre verde	Por efecto en la zona de Santa Rosa del Sara la actividad agrícola no es muy intensa todavía este tipo de vegetación ha sido poco intervenido.
4	IB, IIB	Bosque denso decíduo – Bosque ralo decíduo	Como ha ocurrido con la unidad IA esta zona ha sido fuertemente intervenida.
5	VF	Herbácea graminoide baja	Este tipo de vegetación crece a orillas de las lagunas y cuerpos de agua, estas masas de vegetación también han sufrido una fuerte intervención debido a la desecación de lagunas y habilitación de estas tierras para la agricultura.
6	VS	Vegetación secundaria	Las áreas cubiertas con vegetación nativa por efecto de la antropización han sido reemplazadas por parches rectangulares y en fajas así como también por sabanas y matorrales producto de actividades agroindustriales algodón y caña principalmente conformado por gramíneas poco palatables y numerosos arbustos y palmeras.

2.1.6. Diagnóstico de los suelos del área de estudio

Área Integrada

Zona Norte Río Grande: En la zona Norte Río Grande se estudiaron los suelos de los Municipios Fernández Alonso, San Pedro y la parte Oeste del municipio de San Julián, las Comunidades próximas son San Marcos, La Planchada y toda la zona de la Colonia rusa, circundante a Canandoa hasta llegar a los márgenes del Río Grande, con una superficie aproximada de 400.000 hectáreas, área relativamente nueva en la actividad agrícola, con aproximadamente 20 campañas agrícolas de mono cultivo (soya/soya), (MDRyMA, 2007).

Uno de los rasgos fisiográficos más importantes es la alternancia de Llanuras aluviales tanto antiguas como recientes, estas últimas propensas a inundaciones periódicas y localizadas en su mayoría en las cercanías de los diferentes cursos de agua (Río Grande, Piraí, Río Chane, etc.).

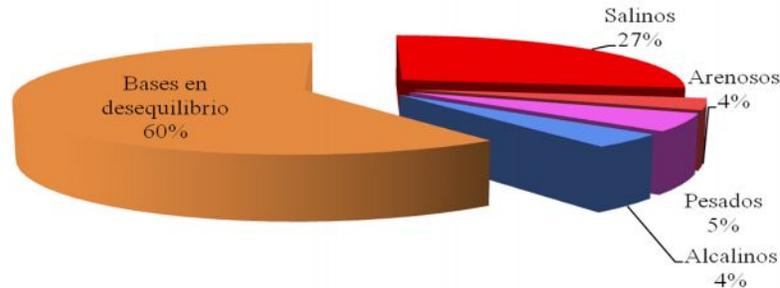
El relieve superficial generalmente no pasa del 2 % de pendiente, lo que dificulta el drenaje del suelo; la precipitación pluvial promedio es de 1.600 mm por año (1.400 a 1.800 mm); la temperatura media es de 25 °C teniendo temperaturas de 18 °C en el invierno y 35 °C en el verano.

Estos suelos han sido clasificados según los problemas de producción, para lo cual se han considerado características que no pueden ser solucionados a corto y mediano plazo, por lo que se consideraron de prioridad a los suelos salinos ($CE > 400 \mu\text{mho/cm}$), debido a que estos acrecientan en área y toxicidad, luego se tienen los suelos arenosos (arena $> 55 \%$), pesados (arcilla $> 40 \%$), ácidos ($\text{pH} < 5.5$), alcalinos ($\text{pH} > 8.0$), bases en desequilibrio (cuando no cumple las relaciones $\text{Ca/Mg} \neq 4 \sim 8$; $\text{Mg/K} \neq 2 \sim 5$) y por último los suelos sin problemas o suelos normales. Se puede observar de la Figura N° 1 que el 100 % de los casos estudiados están con problemas, donde:

- El 60 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg^{++} en relación a la proporción de Ca^{++} , como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K^+ inducidos por la desproporción del Mg^{++} , ocasionado trastornos nutricionales, que afectan directamente a los rendimientos.

- El 27 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de magnesio y sodio, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 5% son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 4 % son suelos arenosos, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y se ha podido observar en estos tienen una productividad no satisfactoria.
- El 4 % son suelos alcalinos, saturados, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio.

Figura N° 1. Clasificación de los suelos de la Zona Norte Río Grande según diagnostico de problemas



En el análisis de los componentes de la fertilidad de los suelos se observó que la cantidad individual de MO, N, P y K, para unos es bajo, medio o alto, esta situación dificulta la posibilidad de hacer un diagnóstico global de la fertilidad de los suelos. Sin embargo, utilizando el Índice de Fertilidad (IF), se puede observar que son deficitarios nutricionalmente, el 26 % de los suelos estudiados tiene una fertilidad muy baja, 61 % baja y 13 % fertilidad moderada a muy alta.

Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo, con excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia del mismo (ver Figura N° 2), (ibíd.).

Figura N° 2. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Norte de Río Grande



Zona Norte Río Piraj: En la zona Norte Río Piraj se estudiaron los suelos de la jurisdicción del Municipios de San Pedro, comunidades Chane independencia hasta la comunidad San Juan del Piraj, ubicada al Norte de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (ibíd.).

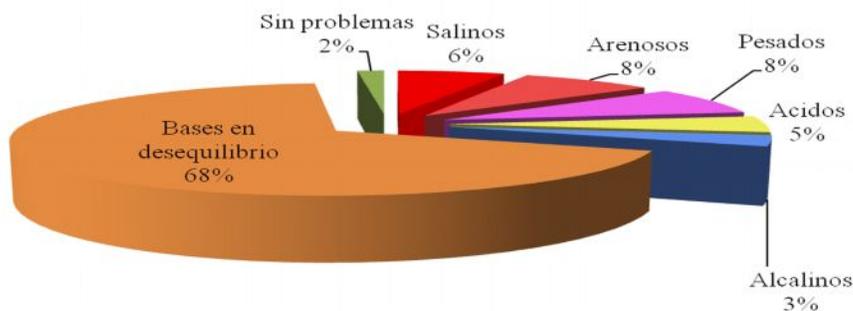
Los suelos se han desarrollado sobre Llanuras aluviales antiguas, subrecientes y recientes, que de acuerdo a sus características de drenaje (perfecto o imperfecto), otorgan diferentes características a los mismos, son suelos aluviales del río Piraj que comprende desde la comunidad de Chane Magallanes hasta San Juan del Piraj con una superficie de aproximadamente 70.000 ha.

En esta zona, se registra una precipitación promedio anual de 1.625 mm (1.400 a 1.800 mm), una evapotranspiración potencial de 1.754 y una temperatura promedio de 25 °C. variando de 18 °C en el invierno y 35 °C en el verano.

El diagnostico de suelos del sector Norte Río Piráí reporta características de tierras muy heterogéneas debido a su formación aluvial que dio origen a la identificación de diferentes unidades de suelos o paisajes, para su estudio se ha clasificado según los problemas de producción agrícola y por el índice de fertilidad.

Por las mismas consideraciones de los suelos de la zona anterior, estos también han sido clasificados según problemas de producción. En la Figura N° 3, se puede observar que el 98 % de los suelos estudiados presentan problemas de diferentes índoles:

Figura N° 3. Clasificación de los suelos de la Zona Norte Río Piráí según el diagnostico de problemas

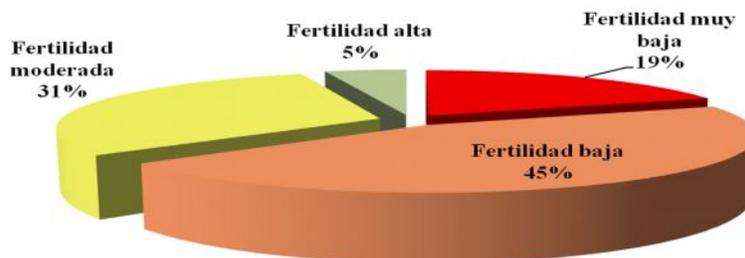


- El 68 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg^{++} en relación a la proporción de Ca^{++} , como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K^+ inducidos por la desproporción del Mg^{++} . Ocasionado trastornos nutricionales, que afectan directamente a los rendimientos.
- El 8 % son suelos arenosos, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y se ha podido observar en estos una productividad no satisfactoria para los cultivos anuales.
- El 8 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 6 % suelos salinos, con acumulación de sales solubles de Mg y Na, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas.
- El 5 % son suelos ácidos de bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), fósforo, boro y molibdeno y alto índice de toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y hierro.
- El 3 % son suelos alcalinos, saturados, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio.
- El 2 % de estos suelos están sin problemas, son suelos normales de textura franco, pH neutro, bases en equilibrio, fertilidad adecuada, donde los cultivos rinden satisfactoriamente dentro del potencial genético.

En base a este análisis se ha observado en los resultados individuales, que según va aumentando el nivel de fertilidad, aumenta también el contenido de arcilla y disminuye el contenido de arena. La diferencia de nivel en ambos casos (arcilla y arena) es notoria en concentraciones de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

En la Figura N° 4 se puede observar la distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) para estos suelos, donde se evidencia que son suelos deficitarios nutricionalmente, el 19 % de los suelos estudiados tiene una fertilidad muy baja, 45 % baja, 31 % moderada y 5 % fertilidad alta. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce la deficiencia del potasio (ibíd.).

Figura N° 4. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Norte de Río Pirai



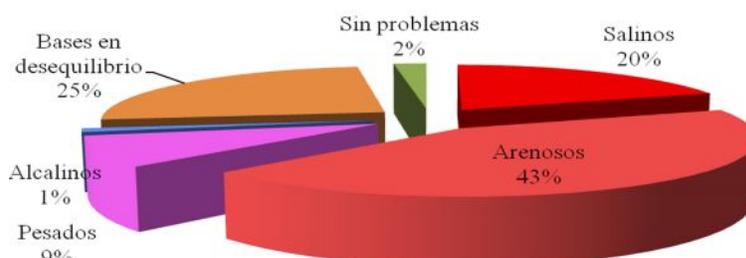
Zona Central Integrada; En la Zona Central Integrada se estudiaron los suelos de los Municipios Warnes y Cotoca, que se encuentran situados en la parte este de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra con una superficie aproximada de 1.631.95 km² (ibíd).

La zona se caracteriza por presentar una alternancia de Llanuras aluviales antiguas, de bien o mal drenaje, con Llanuras de inundación antiguas que dan lugar a un paisaje suavemente ondulado a plano. Los suelos de esta zona han sido formados por sedimentos eólicos y aluviales de los grandes Ríos (Pirai y Mamoré) y presentan micro relieves de no más de 2 % de pendiente. La precipitación media anual varía de 1.200 a 1.300 mm, siendo la época de lluvias entre los meses de septiembre a abril. La temperatura promedio anual es de 24 °C.

En la Figura N° 5 se puede ver que el 98 % de los casos estudiados presentan algún tipo de problema para la producción:

- El 43 % son suelos arenosos, calientes, de excesivo drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y de baja productividad.
- El 25 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg en relación a la proporción de Ca, como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K⁺ inducidos por la desproporción del Mg⁺⁺. Ocasionado trastornos nutricionales, que afectan directamente a los rendimientos.
- El 20 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de magnesio y sodio, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 9 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 2 % de estos suelos no presentan problemas, son suelos normales de textura franco, pH neutro, con bases en equilibrio, fertilidad adecuada, donde los cultivos rinden satisfactoriamente.
- El 1 % son suelos alcalinos, saturados, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio.

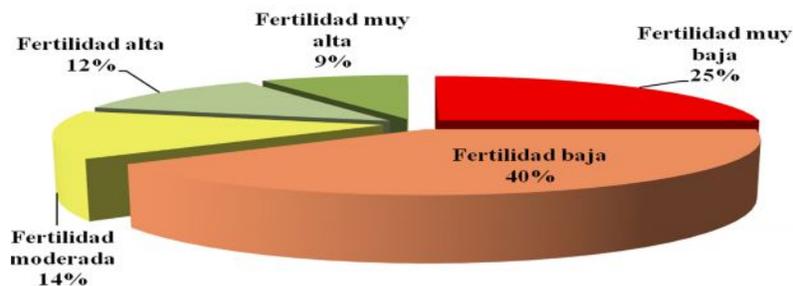
Figura N° 5. Clasificación de los suelos según diagnóstico de problemas en la Zona Central Integrada



Según el Índice de Fertilidad (IF), en la Figura N° 6 se puede observar que estos suelos son deficitarios nutricionalmente, el 25 % tiene una fertilidad muy baja, 40 % baja, 14 % fertilidad moderada y 21 % fertilidad

alta a muy alta. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia del mismo (ibíd.).

Figura N° 6. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Central Integrada



Zona Integrada Sur; En la zona Sur Integrada se estudiaron los suelos de los Municipios de Santa Cruz y Cabezas, que se encuentra situada en la parte Sur de la ciudad Santa Cruz de la Sierra con una superficie aproximada de 1.202.15 km² (MDRAyMA, 2007).

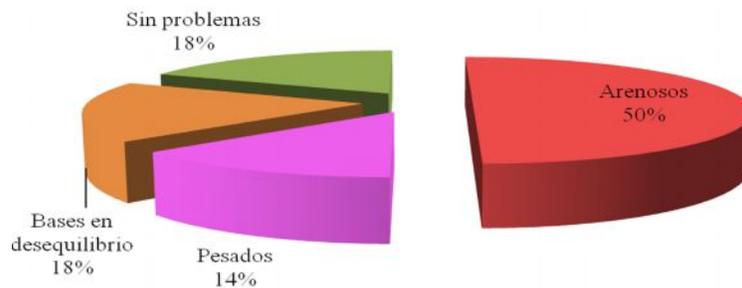
La fisiografía comprende tres unidades fisiográficas (Llanura Eólica, Bajadas y Piedemonte), que caracterizan esta zona, localizada en la Llanura eólica, caracteriza por deposiciones de sedimentos aluviales del Río Grande y Río Pantano y procedentes de dunas desestabilizadas.

La distribución de las precipitaciones pluviales (según datos del año 2005) es de 1.100 - 1.200 mm siendo la época de lluvias de Septiembre a Abril. La temperatura promedio anual es de 24 °C.

La clasificación hecha a estos suelos por sus problemas referidos con la producción, muestra en la Figura N° 7 que el 98 % de los casos estudiados están con problemas donde:

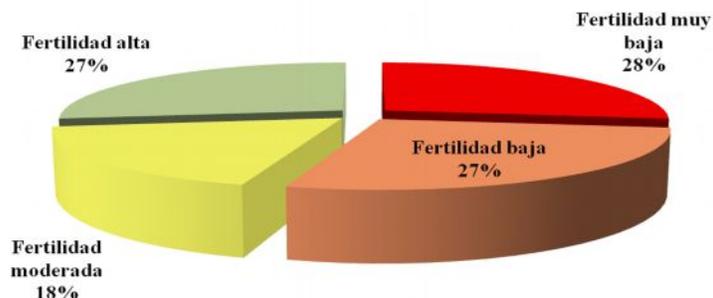
- El 50 % son suelos arenosos, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y se ha podido observar en estos una productividad no satisfactoria.
- El 18 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg en relación a la proporción de Ca, como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K inducidos por la desproporción del Mg, ocasionado trastornos nutricionales, que afectan directamente a los rendimientos.
- El 18 % de estos suelos están sin problemas, son suelos normales de textura franco, pH neutro, con bases en equilibrio, fertilidad adecuada, donde los cultivos rinden satisfactoriamente.
- El 14 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.

Figura N° 7. Clasificación de los suelos según diagnóstico de problemas en la Zona Sur Integrada.



La Figura N° 8 muestra la distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) para estos suelos, evidenciándose que son deficitarios nutricionalmente, donde el 28 % tiene una fertilidad muy baja, 27 % baja, 18 % fertilidad moderada y 27 % fertilidad alta a muy alta. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia de este nutriente (ibíd.).

Figura N° 8. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Sur Integrada.



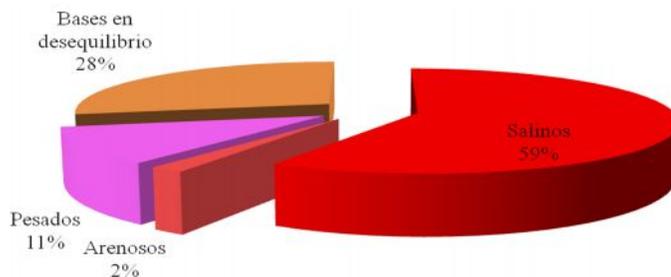
Zona Montero – Okinawa; Corresponde a los suelos de los Municipios de Okinawa y parte de Warnes, situados al Nor-Este de la ciudad Santa Cruz de la Sierra, en un área de 2.153.343 km² (MDRAYMA, 2007)

Tres unidades fisiográficas pueden ser identificadas, a saber: Llanura aluvial antigua, Llanura de inundación y Llanura sub reciente, caracterizándose por deposiciones de sedimentos del Río Grande y Río Pirai. Es una planicie con pequeñas ondulaciones que ha sido formada por la sedimentación de corrientes de agua que emergen de los terrenos elevados hacia las zonas más bajas y abiertas. La precipitación pluvial varía de 1.150 a 1.350 mm, siendo la época de lluvia entre septiembre a abril.

Se puede observar en la Figura N° 9, que el 100 % de los suelos estudiados presentan problemas relacionados con la producción, donde:

- El 59 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de Mg y Na, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 2 % son suelos arenosos, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y de baja productividad.
- El 11 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 28 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg en relación a la proporción de Ca, como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K inducidos por la desproporción del Mg ocasionado trastornos nutricionales, que afectan directamente a los rendimientos.

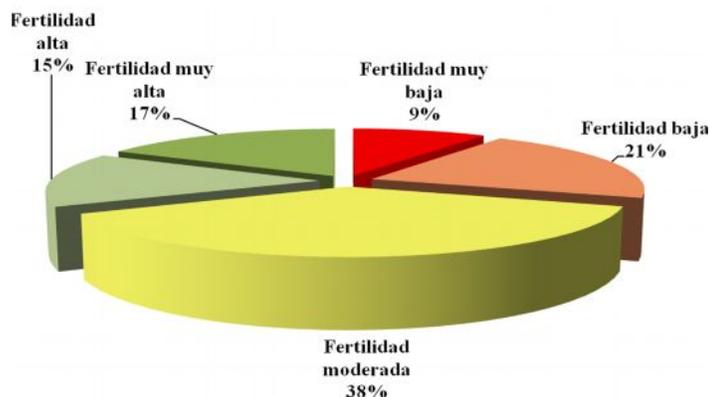
Figura N° 9. Clasificación de los suelos según diagnostico de Problemas en la zona Montero – Okinawa



En la Figura N° 10 se puede observar la distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) para estos suelos, donde se evidencia que son suelos deficitarios nutricionalmente, el 9 % tiene una fertilidad muy baja, 21 % baja, 38 % fertilidad moderada, 15 % fertilidad alta y 17 % muy alta.

Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia de este último nutriente (ibíd.).

Figura N° 10. Distribución porcentual del índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Montero – Okinawa



Zona Montero - Chane: La zona Montero-Chane comprende los Municipios de Montero, Mineros y Saavedra, está situada en la parte Nor-Oeste de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, con una superficie aproximada de 1.626 Km² (MDRAYMA, 2007).

Los suelos de esta zona pertenecen a la Llanura Aluvial Antigua, Llanura de Inundación y Llanura Subreciente, que muestran un paisaje suavemente ondulado a plano, con inundaciones en el norte y con buen drenaje en el noreste de la región. Según el Mapa Ecológico de Bolivia – 1.975 abundan las pampas y pampas con transición a bosque, cuyos suelos están formados por sedimentos fluviales depositados durante el cuaternario.

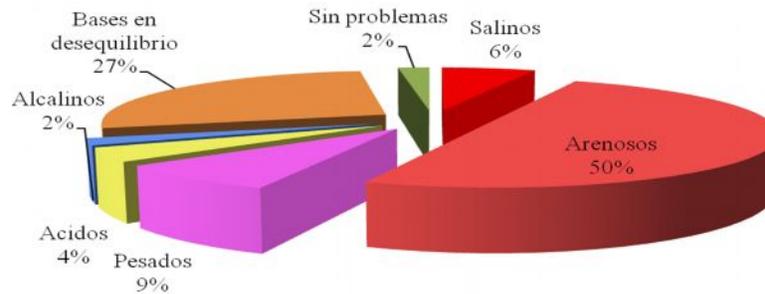
El clima está caracterizado como trópico húmedo, la diferencia de la temperatura es de ± 5 °C entre la media mensual de los 3 meses más fríos y los 3 meses más cálidos del año. La precipitación media anual varía de 1.200 mm al Sur en las cercanías del Río Grande a 1.400 mm en el extremo Noroeste del área de estudio.

Se puede observar en Figura N° 11 que el 98 % de los suelos estudiados presentan problemas relacionados con la producción, donde:

- El 50 % son suelos arenosos, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y de baja productividad.
- El 27 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio debido al exceso de Mg⁺⁺ en relación a la proporción de Ca⁺⁺, por lo tanto, estos suelos presentan deficiencias de K⁺ inducidos por la desproporción del Mg, ocasionando trastornos nutricionales, que afectan a los rendimientos.
- El 9 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 6 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de magnesio y sodio, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 4 % son suelos ácidos de bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), fósforo, boro y molibdeno y alto índice de toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y hierro.
- El 2 % son suelos alcalinos, saturados, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio.

- El 2 % de estos suelos están sin problemas, son suelos normales de textura franco, pH neutro, con bases en equilibrio, fertilidad adecuada, donde los cultivos rinden satisfactoriamente.

Figura N° 11. Clasificación de los suelos según diagnostico de problemas en la Zona Montero – Chane



En la Figura N° 12 se puede observar la distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF), evidenciándose que son deficitarios nutricionalmente, donde el 25 % tiene una fertilidad muy baja, 52 % baja, 13 % moderada y 10 % fertilidad alta a muy alta. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia de este nutriente (ibíd.).

Figura N° 12. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Montero – Chane



Zona Montero – Yapacaní: La zona Montero-Chane comprende los municipios de San Juan de Yapacaní, Yapacaní, San Carlos, Santa Rosa del Sara, Portachuelo, Buena Vista, Montero y Colpa Bélgica, lugar donde se realizaron los estudios de suelos. Situada en la Parte Nor-Oeste de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, con una superficie aproximada de 7.611 Km² (MDRAYMA, 2007).

Los suelos de esta zona pertenecen a la Llanura Aluvial Suavemente Ondulada de Antiguas a Recientes con inundaciones en el norte y con buen drenaje en el noreste de esta región.

Según el Mapa Ecológico de Bolivia – 1975 abundan las pampas y pampas con transición a bosque, cuyos suelos están formados por sedimentos fluviales del cuaternario.

El clima está caracterizado como Trópico Húmedo, las variaciones de la temperatura durante el otoño invierno es de ± 5 °C sobre la media mensual y de ± 3 °C sobre la media mensual en la primavera y verano con una precipitación media anual que varía de 1300 mm al sur en las cercanías del río Pirá a 2.700 mm en el extremo Nor-Oeste del área de estudio. La temperatura promedio anual es de 24 °C.

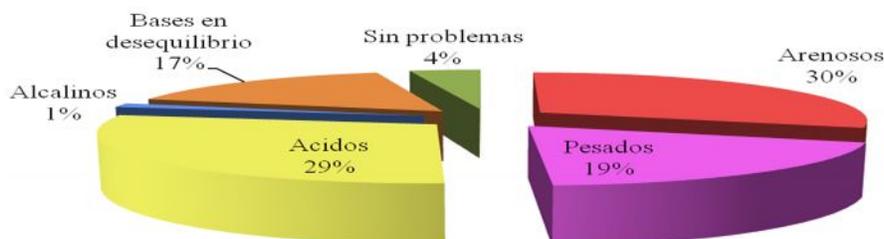
El recurso suelo que el productor dedica a la explotación agrícola en esta zona, es considerado en la mayoría de los casos, solamente como un medio para realizar agricultura y generar ingresos económicos sin importar la conservación de la productividad de la tierra; esta realidad fue llamada por ciertos investigadores

crisis del barbecho (terrenos abandonados por baja fertilidad). Esta situación comenzó a pocos años después de los primeros asentamientos de colonos nacionales y japoneses en los años 1954 hasta el 1972.

Se puede observar en la Figura N° 13 que el 96 % de los suelos estudiados presentan diferentes tipos de problemas relacionados a la producción, donde:

- El 30 % son suelos con texturas arenosos, con buenas condiciones de drenajes internos y calientes, sin embargo tienen baja capacidad de retención de humedad y de nutrientes. En general son suelos pobres y se ha podido observar en estos una productividad de los cultivos no satisfactoria a lo esperado.
- El 29% son suelos ácidos de bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), fósforo, boro y molibdeno y alto índice de toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y hierro.
- El 19% son suelos pesados (con alto contenido de arcilla), compactados y con problemas de enraizamiento, dificultando un buen desarrollo de los cultivos obligando al agricultor a cultivar arroz bajo riego o caña de azúcar si esta cerca de algún acopio, pero generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 17 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg^{++} en relación a la proporción de Ca^{++} , como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K^+ inducidos por la desproporción del Mg^{++} . causando trastornos nutricionales, que afectan directamente a los rendimientos.
- El 4 % de estos suelos no presentan problemas, son suelos normales de textura franco, pH neutro, con bases en equilibrio, fertilidad adecuada, donde los cultivos rinden satisfactoriamente.
- El 1 % son suelos alcalinos, saturados, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio, y que además presentan otros problemas asociados por la acumulación de sodio, como estructuras compactadas, dispersión de partículas, anegamiento.

Figura N° 13. Clasificación de los suelos según diagnostico de problemas en la Zona Montero – Yapacaní



Según el Índice de Fertilidad (IF), son suelos deficitarios nutricionalmente, el 22 % tiene fertilidad muy baja, 55 % baja, 20 % fertilidad moderada y 3 % fertilidad alta, ver Figura N° 14. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia de este nutriente (ibíd).

Figura N° 14. Distribución porcentual del Índice de fertilidad (IF) de los suelos de la Zona Montero – Yapacaní



Área de Expansión

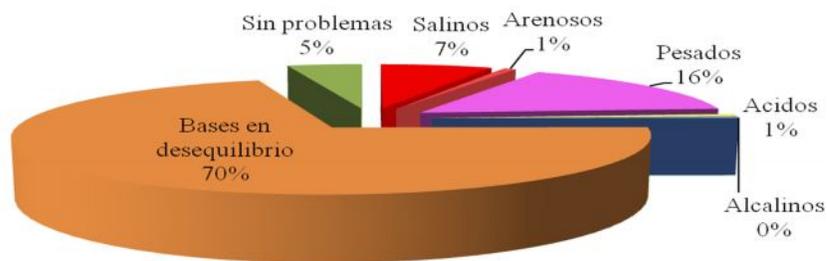
Zona Cuatro Cañadas; La zona de Cuatro Cañadas está ubicada en la jurisdicción del Municipio del mismo nombre, lugar donde se realizaron los estudios de suelos, tiene una extensión de 5.607 Km², atravesado en sentido norte sur por: Llanuras aluviales antiguas, Llanuras de inundación antiguas, Llanuras aluviales recientes y Llanuras aluviales muy recientes, que otorgan al suelo singulares características para la agricultura en función a las condiciones de drenaje (bien drenado o mal drenado).

De acuerdo a la capacidad de uso de la tierra y a las condiciones climáticas, el Plan de Uso de Suelos (PLUS, 1993) la zona Este se encuentra dentro del área clasificada como *Tierras de uso Agropecuario Intensivo* (AI-2). Esta unidad tiene condiciones climáticas y edáficas aptas para agricultura y ganadería, En esta zona, se registran precipitaciones promedio anuales que varían de de 1.000 mm a 1.150 mm en sentido creciente de Sur este a Nor-Oeste. La temperatura promedio anual es de 24 °C (MDRAYMA, 2007).

Se puede observar en la Figura N° 15, que el 100 % de los suelos estudiados están con problemas relacionados a la producción, donde:

- El 70 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg⁺⁺ en relación a la proporción de Ca⁺⁺, como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K⁺ inducidos por la el exceso Mg⁺⁺, ocasionado trastornos nutricionales, que llegan a afectar directamente a los rendimientos.
- El 16 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 7 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de magnesio y sodio, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 5 % de estos suelos no presentan problemas, son suelos normales de textura franco, pH neutro, con bases en equilibrio, fertilidad adecuada, donde los cultivos rinden satisfactoriamente.
- El 1 % son suelos arenosos, de buenos drenajes internos y calientes, de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes. En general son pobres y se ha podido observar en estos una productividad no satisfactoria a lo esperado.
- El 1 % son suelos ácidos de bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), fósforo, boro y molibdeno y alto índice de toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y hierro.
- El 1 % son suelos alcalinos, saturados, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio.

Figura N° 15. Clasificación de los suelos según diagnostico de problemas en la Zona Cuatro Cañadas



Según la distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF), Figura N° 16, se evidencia que son suelos nutricionalmente con una fertilidad de moderada a alta, donde el 1 % tiene una fertilidad muy baja, 3 % baja, 18 % moderada, 45 % alta y 33 % fertilidad muy alta.

Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fosforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia de este nutriente (ibíd.).

Figura N° 16. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona de Cuatro Cañadas



Zona San Julián; En esta zona se estudiaron los suelos de los Municipios de San Julián y El Punte, situados al Noreste de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, en un área de 6.015 Km² (MDRAyMA, 2007).

En la zona de San Julián se han identificado los siguientes rasgos fisiográficos: Llanura aluvial antigua, Llanura de inundación antigua, Llanura aluvial reciente y Llanura aluvial muy reciente, que otorgan al suelo singulares características para la agricultura en función a las condiciones de drenaje.

Climáticamente las condiciones son favorables para la producción de cultivos, en el verano (soya, maíz, sésamo, maní, arroz, etc.); el promedio anual de la precipitación pluvial varía de 1.100 mm en el extremo sur este a 1.400 en el extremo Noroeste.

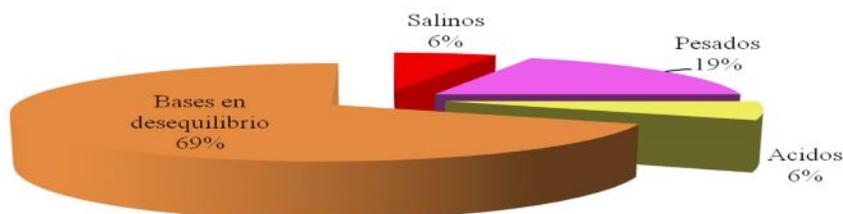
Si bien la cantidad de lluvia promedio anual, durante varios años, no reporta una variación significativa; sin embargo el factor preocupante es la mala distribución de las mismas en la zona, pues, se concentran en el verano (70 – 75 %). Es común la ocurrencia de veranitos (periodos cortos sin lluvia) en los meses de enero y febrero. La temperatura promedio anual es de 24 °C.

La clasificación de estos suelos según los problemas de producción han considerado características que no pueden ser solucionados a corto y mediano plazo, por lo que se consideró de prioridad a los suelos salinos (CE > 400 µmho/cm), arenosos (arena > 55 %), pesados (arcilla > 40 %), ácidos (pH < 5.5), alcalinos (pH > 8.0), bases en desequilibrio (cuando no cumple las relaciones Ca/Mg ≠ 4 ~ 8; Mg/K ≠ 2 ~ 5) y por último los suelos sin problemas o suelos normales.

Se puede observar en la Figura N° 17 que el 100 % de los suelos estudiados están con problemas, donde:

- El 69 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio debido al exceso de Mg en relación a la proporción de Ca, por lo tanto, estos suelos presentan deficiencias de K inducidos por la desproporción del Mg ocasionado trastornos nutricionales que afectan a los rendimientos.
- El 19 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.
- El 6 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de magnesio y sodio, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 6 % son suelos ácidos de bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), fósforo, boro y molibdeno y alto índice de toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y hierro.

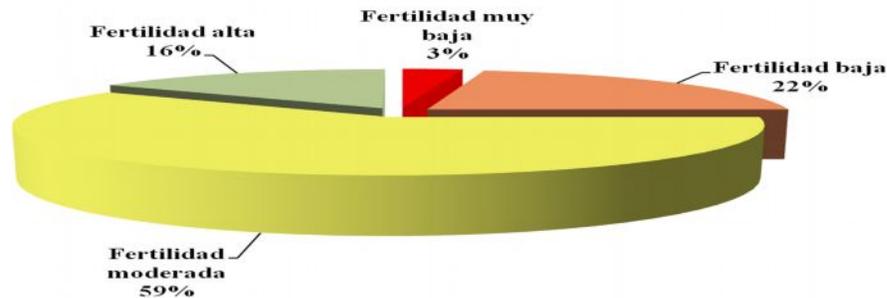
Figura N° 17. Clasificación de los suelos según diagnostico de problemas en la Zona de San Julián



Se ha encontrado variabilidad en cuanto a la cantidad individual de MO, N, P y K, en los suelos de esta zona. Sin embargo, para determinar la clase de fertilidad, se ha estimado el Índice de Fertilidad (IF), calculado sobre la base de la sumatoria promedio ponderado de los componentes nutricionales.

En la Figura N° 18 se observa la distribución porcentual del IF, donde se evidencia que nutricionalmente son suelos de moderada a alta fertilidad, el 3 % de ellos tiene una fertilidad muy baja, 22 % baja, 59 % moderada y 16 % fertilidad alta a muy alta. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia del mismo (ibíd.).

Figura N° 18. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona de San Julián



Zona de Pailón: La zona de Pailón está ubicada en la jurisdicción del Municipio del mismo nombre, abarca una extensión de 7.589 Km², ubicada al este de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (MDRAYMA, 2007).

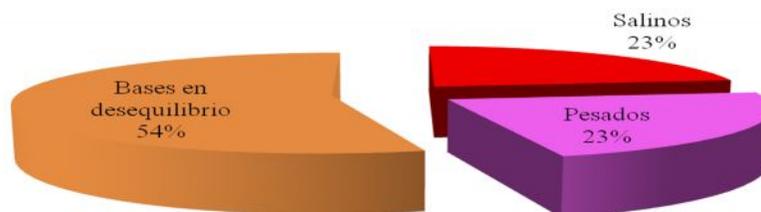
La fisiografía presenta una alternancia de llanuras aluviales antiguas bien drenadas con Llanuras aluviales antiguas deficientemente drenadas, asimismo en los extremos se han identificado Llanuras aluviales subrecientes a recientes (cercanías del Río Grande) y complejos de causes y meandros abandonados (cercanías del Río San Julián).

De acuerdo a la información procesada conjuntamente con apoyo del SENAMHI se conoce que la precipitación promedio anual varía de 900 mm a 1.200 mm. La temperatura promedio anual es de 24 °C.

Siguiendo las mismas consideraciones que para los suelos de la zona anterior, estos se clasificaron según los problemas de producción, en la Figura N° 19 se observa que el 100 % de los casos estudiados están con problemas, donde:

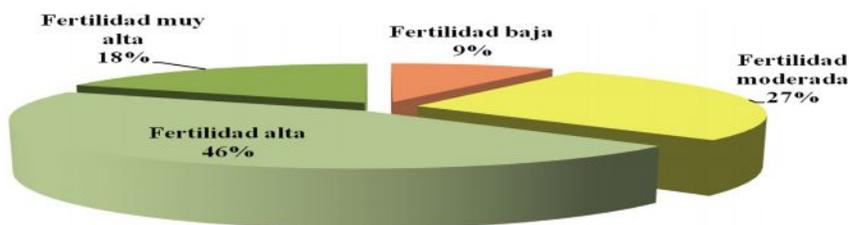
- El 54 % de estos suelos tienen problemas de bases en desequilibrio ocasionado por el exceso de Mg⁺⁺ en relación a la proporción de Ca⁺⁺, como consecuencia estos suelos con estas características presentan deficiencias de K⁺ inducidos por la el exceso Mg⁺⁺, ocasionado trastornos nutricionales, que llegan a afectar directamente a los rendimientos.
- El 23 % son suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de magnesio y sodio, donde los rendimientos de muchos cultivos se reducen, se ha observado sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas.
- El 23 % son suelos pesados, compactados y con problemas de enraizamiento, generalmente con alto contenido de bases intercambiables.

Figura N° 19. Clasificación de los suelos según diagnostico de problemas en la Zona de Pailón



En la Figura N° 20, se puede observar la distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos estudiados, donde se evidencia que tienen una fertilidad nutricional de moderada a alta, el 9 % muestra fertilidad baja, 27 % moderada, 46 % alta y 18 % fertilidad muy alta. Estos resultados están directamente relacionados con las distribuciones individuales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo a excepción del potasio, sin embargo el contenido desproporcionado de magnesio induce a la deficiencia del mismo (ibíd).

Figura N° 20. Distribución porcentual del Índice de Fertilidad (IF) de los suelos de la Zona de Pailón



3. Tenencia de la tierra

3.1. Área Integrada

Analizando la información de saneamiento de tierras realizado hasta el año 2009, se puede advertir que el Área Integrada presenta zonas con interesantes datos de tenencia. Así por ejemplo en la Figura N° 21, resaltan las Zonas de: Yapacaní, Chané y Central Sur, como las que concentran más unidades productivas.

La Zona Montero Yapacani, tendría 12.210 predios saneados, cuyas áreas varían desde 1 a 23.000 ha, donde aproximadamente el 68 % de los predios tiene superficies de 0 a 50 %, y el 32 % con superficie mayores a 50 ha. Detalles en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 3. Saneamiento - Zona Montero Yapacaní

Descripción	Predios	Superficie (ha)
Total predios saneados	12.210	
Superficie máxima		23.000
Superficie mínima		1
Superficie promedio		856
Tamaño de los predios	8.244	0 – 50
	3.966	> 50

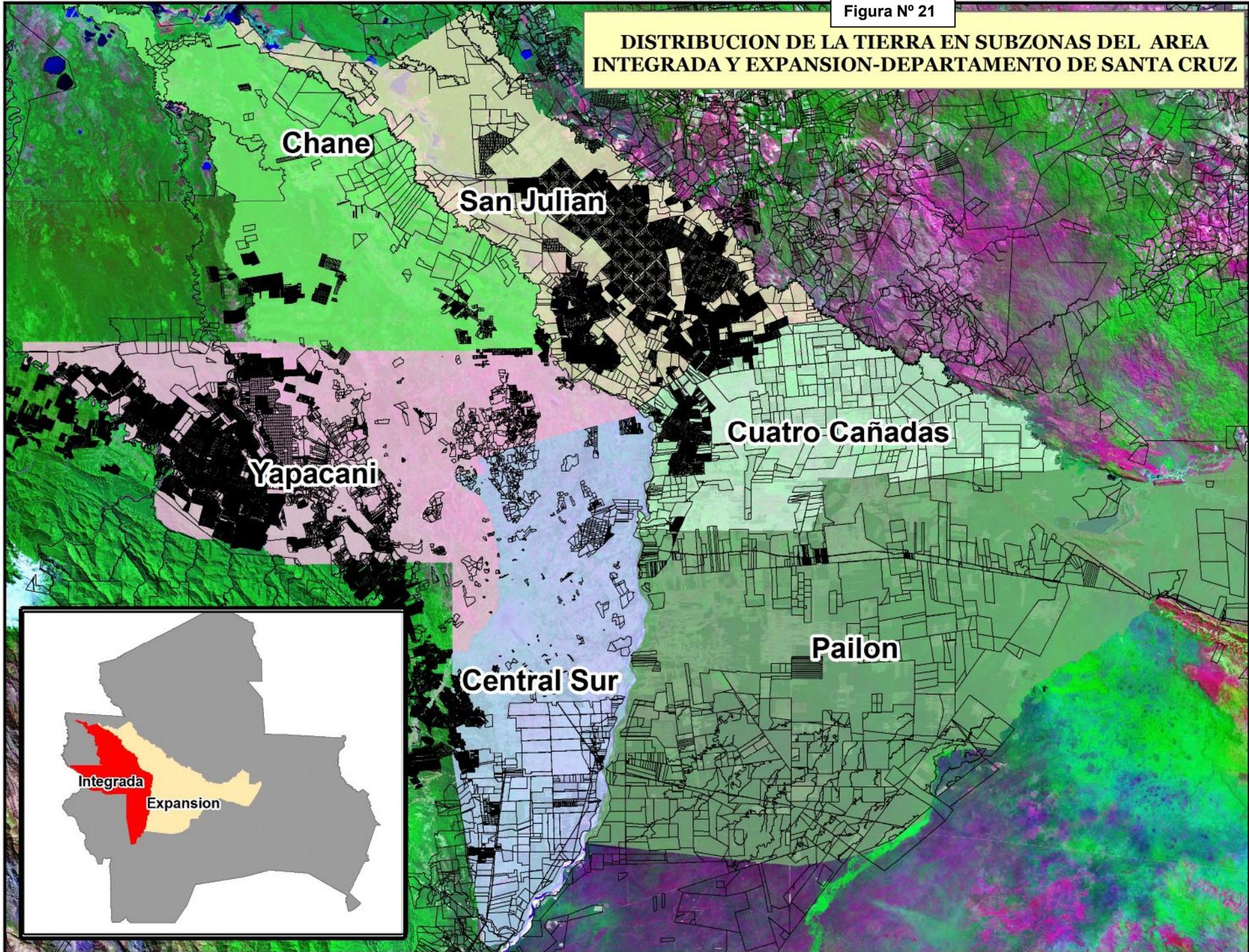
En la Zona Central Sur Integrada o Integral Sur, se habrían saneado 3.898 predios, en superficies que varían entre 1 a 30.000 ha, con una mayor concentración de predios (82 %) con un tamaño de 0 a 50 ha. Y casi el 18 % corresponden a superficie mayores a 50 ha; según detalles que se muestran en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4. Saneamiento - Zona Integrada Sur

Detalles	Predios	Superficie (ha)
Total predios saneados	3.898	
Superficie máxima		30.000
Superficie mínima		1
Superficie promedio		147
Tamaño de los predios	3.229	0 – 50
	669	> 50

Figura N° 21

DISTRIBUCION DE LA TIERRA EN SUBZONAS DEL AREA INTEGRADA Y EXPANSION-DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ



Mientras que en la Zona Montero – Chane, se habrían saneado 1.560 predios, con superficies que varían desde 1 a 6.000 ha, notándose mayor concentración, cerca el 89 % de predios, con superficies de 0 a 50 ha y el 11 % corresponderían a superficies mayores a 50 ha; según detalles del Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5. Saneamiento - Zona Montero Chané

Descripción	Predios	Superficie (ha)
Total predios saneados	1.560	
Superficie máxima		6.000
Superficie mínima		1
Superficie promedio		425
Tamaño de los predios	1.383	0 – 50
	177	> 50

3.2. Área de Expansión

El proceso de saneamiento de tierras realizado hasta también hasta el año 2009 en ésta área, muestras datos de tenencia muy interesantes. Por ejemplo para las Zonas de: San Julián, Cuatro Cañadas y Pailón, como las zonas donde se concentran más unidades productivas.

En la Zona de San Julián, se habrían saneado un total de 7.058 predios, en superficies que varían desde 1 a 36.407 ha, y el 91 % de estas con superficies de hasta 50 ha, y cerca de 9 % corresponderían a superficie mayores a 50 ha; según detalles del Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6. Saneamiento - Zona San Julián

Descripción	Predios	Superficie (ha)
Total predios saneados	7.058	
Superficie máxima		36407
Superficie mínima		1
Superficie promedio		115
Tamaño de los predios	6.434	0 – 50
	624	> 50

En la Zona de Cuadro Cañadas, se sanearon 1.831 predios, con superficies que varían desde 1 a 22.445 ha; y el 80 % de estos predios con superficies de hasta 50 ha, correspondiendo a casi el 20 % a superficies mayores a 50 ha; según detalles del Cuadro N° 7.

Cuadro N° 7. Saneamiento - Zona Cuatro Cañadas

Descripción	Predios	Superficie (ha)
Total predios saneados	1.831	
Superficie máxima		22.445
Superficie mínima		1
Superficie promedio		310
Tamaño de los predios	1.468	0 – 50
	363	> 50

En tanto que en la Zona de Pailón, se sanearon en total 1.351 predios, con superficies que varían de 1 a 36.387 ha. Notándose que casi el 25 % corresponden a predios de hasta 50 ha, y casi el 75 % a predios mayores a 50 ha; según detalles del Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8. Saneamiento - Zona Pailón

Descripción	Predios	Superficie (ha)
Total predios saneados	1.351	
Superficie máxima		36.387
Superficie mínima		1
Superficie promedio		1.275
Tamaño de los predios	342	0 – 50
	1.009	> 50

Se entiende que este proceso de saneamiento de tierras, corresponde a consolidar derechos de propiedad a colonos, pequeños y medianos productores agropecuarios. Lo cual es un avance jurídico importante que todavía esta inconcluso.

Sin embargo es necesario no perder de vista, que estos predios cumplan una función productiva agropecuaria sustentable, a donde se deben orientar las acciones de asistencia técnica e innovación de tecnología, apropiadas a estas condiciones, es decir de suelo –manteniendo su estado – calidad, y garantizando su nivel de productividad-, tamaño de producción y tipo de cultivo o rubro pecuario a producir.

Una excesiva parcelación, induce o es el camino inicial para que los suelos cambien de uso hacia otras actividades no agropecuarias propiamente. Por eso, debemos retomar y consolidar el proceso de ordenamiento territorial, como una de las vías para dar uso al suelo en función de sus capacidades y potencialidades, evitando la tentación a que estas áreas antes forestales ahora agrícolas se urbanicen y reduzcamos así nuestras áreas para producir alimentos que garanticen nuestra seguridad y soberanía alimentaria. Esto último no es nuevo en Bolivia, ya tenemos sobradas experiencias en áreas antes agrícolas de las periferias de nuestras ciudades, me refiero a Cochabamba, La Paz, Sucre y Tarija, particularmente.

La tentación o exposición de nuestras áreas a que dejen de ser agrícolas y que avancemos frontera agrícola sobre áreas forestales o de otras características, puede y debe ser encarada, si consideramos estratégico, trabajar bajo el razonamiento de aumentar la producción y productividad antes que avanzar en frontera agrícola, que obviamente es la opción más fácil y quizás más irresponsable con el recurso suelo que da vida y es el sustento de nuestro Estado Plurinacional.

4. Conclusiones

Los suelos estudiados, corresponden a un área efectiva de estudio de aproximadamente 38.135 km² de los cuales al menos el 98 % tienen algún problema referido a la producción, detalles que se muestra en el Cuadro N° 4:

Las Zonas Norte Río Piraí y Montero Chané, son las que tienen mayor diversidad de problemas en el 98 % de su superficie, presentando suelos: arenosos, salinos, alcalinos, ácidos, bases en desequilibrio, y acumulación de limos y arcillas.

Las Zonas que además de presentar problemas, también cuentan con área donde los suelos son normales de textura franco, pH neutro, con bases en equilibrio, fertilidad adecuada, y donde los cultivos rinden satisfactoriamente, son: Integrada Sur (18 % - 212.387 km² de su área), Yapacani (4 % - 304.44 km²), Cuatro Cañadas (5 % - 280.35 km²), Montero - Chané (2 % - 32.52 Km²); Central integrada (2 % - 2 Km²), y Norte Río Piraí (2 % - 14 km²).

Cuadro N° 4. Resumen del tipo de problemas que afectan a los suelos estudiados

Tipo de Problema	Superficie en Km2	%
Suelos con bases en desequilibrio que afectan al complejo de intercambio, y comprometen la disponibilidad de nutrientes para la asimilación de los cultivos	18,009.51	47.23
Suelos pesados con acumulación de limos y arcillas que dificultan la infiltración y favorecen los procesos de planchado, escostramiento, escurrimiento y degradación física (erodabilidad)	6,185.91	16.22
Suelos salinos, con acumulación de sales solubles generalmente de Mg y Na, se observan sectores con manchas blanquecinas donde no prospera ni las malezas	5,315.28	13.94
Suelos arenosos, calientes, de buen drenaje interno y de baja capacidad de retención de humedad y nutrientes	4,658.18	12.21
Suelos ácidos de bajo contenido de bases (calcio, magnesio y potasio), fósforo, boro y molibdeno, y alto índice de toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y hierro.	2,724.20	7.14
Suelos alcalinos, saturados con deficiente drenaje, asociados a suelos de estructuras gruesas y consistencia pesada, con alta capacidad de intercambio catiónico, generalmente con bases en desequilibrio por exceso de magnesio	362.02	0.95
Sin problemas	880.34	2.31
Total	38,135.44	100.00

Según el Índice de Fertilidad (IF) calculado, en el área predominan suelos de Baja (29 %), Moderada (27 %) y Alta (21 %) fertilidad, como se detalla del Cuadro N° 5:

Cuadro N° 5. Resumen índice de fertilidad

IF	km ²	%
Muy Alta	3,801.79	9.97
Alta	8,253.32	21.64
Moderada	10,260.85	26.91
Baja	11,390.65	29.87
Muy Baja	4,428.83	11.61
Total	38,135.44	100.00

A nivel de zonas, todas comparten todos los niveles del Índice de Fertilidad. Sin embargo, podemos destacar que la Zona Cuatro Cañadas tiene las más altas categorías (Muy Alta 33 %, Alta 45 % y tan solo Baja 3 % y Muy Baja 1 %); le siguen Pailon (Muy alta 18 %, Alta 46 % y Moderada 27 %); Montero - Okinawa (Muy Alta 17 %, Alta 15 % y Moderada 38 %); San Julián (Alta 16 %, Moderada 59 %) y Integral Sur (Alta 27 %, My baja 28 %). Las otras Zonas, comparte suelos en los cuales predominan categorías más bajas, como: Yapacani (Moderada 20 %, Baja 55 %); Norte Río Pirai (Moderada 31 %, Baja 45 %); Norte Río Grande (Baja 61 %, Muy baja 26 %); Central Integrada (Baja 40 %, Muy baja 25 %); y Montero – Chane (Baja 52 %, Muy baja 25 %).

Por las características físicas y químicas de los suelos estudiados, estos son de uso forestal, que para su uso en agricultura requieren de prácticas integrales de aplicación continua e intensiva, si se quieren alcanzar niveles de desarrollo sustentable.

Las Zonas de Yapacani, San Julián y Cuatro Cañadas, presentan las mayores concentraciones de tenencia de tierras, esta situación, podría considerarse riesgosa, si se entiende que la excesiva parcelación de las unidades productivas agropecuarias, se constituye en un paso previo a la urbanización y/o cambio de uso del suelo para otros fines no agropecuarios.

5. Recomendaciones

Priorizar la atención a la variable edáfica a nivel departamental, ya que este recurso es el que sustenta las actividades agrícolas y pecuarias. Este proceso, se sugiere, debería seguir las siguientes líneas de acción y actividades prioritarias:

Normativo institucional:

- Fortalecer la aplicación de los planes de uso y ordenamiento territorial, para respetar y precautelar las áreas potenciales para la producción de alimentos, acción estratégica y vital para la soberanía alimentaria.
- Consolidar un plan departamental para el uso y manejo sostenible del suelos
- Validar, aprobar e implementar las normas técnicas de uso y manejo de suelos, propuestos por el PIEN SUELOS
- Definir metodologías, técnicas y criterios para la realización de análisis e interpretación de resultados de laboratorio. Producto: Protocolos de laboratorio para los principales análisis químicos, físicos y biológicos.

Información y difusión:

- Recopilación y análisis de información generada por otros proyectos y experiencias en manejo y fertilidad de suelos y en producción de cultivos.
- Desarrollar un programa de seguimiento al comportamiento de los suelos en el proceso de productivo, con la Base de datos de suelos del Laboratorio CIAT (¿y otros?).
- Consolidar una base de datos actualizada sobre experiencias de manejo de suelos y cultivos en Santa Cruz.

Desarrollo del conocimiento y asistencia técnica:

- Calibración de respuestas y recomendación de fertilización en los principales cultivos, estableciendo ensayos regionales en condiciones edafo-climáticas contrastantes de las distintas zonas agroecológicas estudiada, para determinar curvas de respuesta a N, P, K y S en los principales cultivos (soya, maíz, trigo; no evaluar N en soya). Estos ensayos se pueden realizar en un mismo sitio por tres años (serian seis campañas).
- Estudiar el manejo de rotaciones y corrección de suelos en las principales zonas ageroecológicas de Santa Cruz. A través de la evaluación de las condiciones químicas, físicas y biológicas de sitios contrastantes en las distintas zonas agroecológicas de Santa Cruz, para proponer y analizar esquemas de rotaciones, labranzas de corrección (descompactación), implementos de uso y enmiendas para lograr altos niveles de rendimiento dentro de los sistemas de producción.
- Estudiar la dinámica del nitrógeno en los sistemas de producción, determinación de los flujos de mineralización, absorción de N por los cultivos, pérdidas (volatilización, desnitrificación, lavado y escurrimiento), para estimar eficiencias de uso de fertilizantes nitrogenados por los distintos cultivos.
- Diseñar modelos de simulación de crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos para estimar rendimientos potenciales en la región de Santa Cruz.

Inversiones:

- Promover el desarrollo de actividades de uso y manejo de suelos sostenibles, para la producción agrícola pecuaria en la región. A través de la determinación de requisitos para la solicitud de créditos, autorizaciones de exportación, etc.

Además, debido a que los sistemas de producción, dependen de insumos y productos fitosanitarios y fertilizantes, convendría, prever la realización de un estudio de la calidad ambiental de estas zonas.

6. Bibliografía

- **MDRAyMA - INE**, 2010. Información Estadísticas del Sector Agropecuario en Bolivia. Octubre. La Paz – Bolivia.
- **MDRAyMA**, 2007. Proyecto: Tecnologías para el Uso Sostenible del Suelo en las Zonas Integrada y de Expansión del Trópico Húmedo. Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario y Medio Ambiente, Sistema Boliviano de tecnología agropecuaria SIBTA, Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo ANAPO; Centro de Investigación Agrícola Tropical CIAT. Agosto. La Paz – Bolivia.
- **MDRAyMA**, 2006. Política y Plan nacional de Aprovechamiento y Manejo de Suelos, RM 292 – 11 Dic. 2006. La Paz Bolivia.