

Caracterización de los Suelos del Departamento de Canindeyú, Paraguay

Karla Andrea Golin Galeano

Trabajo de grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Licenciatura en Ciencias Mención Geología, Departamento de Geología.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

San Lorenzo - Paraguay
Noviembre – 2014

Caracterización de los Suelos del Departamento de Canindeyú, Paraguay

Karla Andrea Golin Galeano

Orientador: Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín

Co-Orientador: Prof. Lic. Darío Gómez Duarte

Trabajo de grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Licenciatura en Ciencias Mención Geología, Departamento de Geología.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

San Lorenzo - Paraguay
Noviembre – 2014

Caracterización de los Suelos del Departamento de Canindeyú, Paraguay

Este trabajo de grado fue aprobado por la Mesa Examinadora como requisito parcial para optar por el título de licenciatura, otorgado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción.

KARLA ANDREA GOLIN GALEANO

Aprobado en fecha 28 de noviembre de 2014.

Comité Asesor de trabajo de grado:

1. Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín.....
2. Prof. MSc. Narciso Cubas Villalba.....
3. Prof. MSc. María Mercedes Arias.....

.....
Prof. MSc. **HIGINIO MORENO RESQUIN**
Orientador

A mis padres Osmar Golin y Bella Galeano

A mis hermanos Carlos, Marco, Italo, Jazmin y Andrea

A mi abuela Lucila Aguilera y a mi tía Ermelinda Aguilera.

DEDICO

AGRADECIMIENTO

A mi familia, que es mi más preciada fortaleza, de donde saco fuerzas en los malos momentos, con quienes comparto y disfruto de mis logros. En primer lugar a mis padres Osmar Golin y Bella Galeano; también a mi abuela Lucila Aguilera y a mi tía Ermelinda Aguilera, que junto a mis padres y hermanos me dieron el apoyo necesario para terminar mis estudios, siempre alentándome a ir detrás de mis sueños.

Agradezco al Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín por orientarme pacientemente en la elaboración de este Trabajo, dándome motivación, asistencia y las recomendaciones necesarias para la culminación exitosa de mi carrera universitaria.

Mi gratitud al Prof. Lic. Darío Gómez Duarte por participar como co-orientador en este Trabajo, ayudándome a superar mis propios límites y con quien aprendí mucho sobre lo que es ser un geólogo de campo, que es mi pasión, guiando además mis primeros pasos en la vida profesional.

Al profesor Lic. Moises Gadea, por brindarme la información necesaria a través de su página web *www.geologiadelparaguay.com.py*, dándome asistencia cuando fue necesario

Al Dr. Jaime Báez, por la revisión del presente Trabajo y por sus valiosas sugerencias.

A Jorge Cantero C., por acompañarme desde el principio de mi formación académica, por apoyarme y brindarme asistencia cuando le fue solicitado, por viajar siempre conmigo detrás de aventuras geológicas por el país y por alentarme en todo momento a cumplir con mis metas.

A José Brites de Boston Geomática, por tenerme tanta paciencia en la elaboración de los mapas de este Trabajo.

Agradezco también al Departamento de Geología, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-UNA, a profesores, compañeros, amigos y a todos los que de alguna forma han colaborado con mi formación académica y profesional, así como en la culminación de este Trabajo.

Caracterización de los Suelos del Departamento de Canindeyú, Paraguay

Autor: Karla Andrea Golin Galeano
Orientador: Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín
Co-Orientador: Prof. Lic. Darío Gómez Duarte

RESUMEN

El departamento de Canindeyú se encuentra en la zona Noreste de la Región Oriental del Paraguay abarcando una superficie de 15.038 Km². La estratigrafía de la región está constituida por rocas sedimentarias mayormente areniscas de la Formación Acaray (9,95%) -Mesozoico, de la Formación Misiones (32,73%) -Mesozoico y del Grupo Independencia (17,84%) -Pérmico, así también en parte está presente la Formación Alto Paraná con 39,48% - Mesozoico, constituida por rocas ígneas basálticas de composición toleítica. El objetivo principal, de este trabajo, fue caracterizar los suelos del Departamento de Canindeyú, al tener presente las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona, y analizar la relación parental de los mismos. La metodología aplicada fue la comparación de datos primarios obtenidos principalmente del mapa de reconocimientos de suelos de la Región Oriental del Paraguay, del trabajo de López et al. (1995) y del mapa geológico del Paraguay (Proyecto PAR 86). En base a los resultados obtenidos, se pudo comparar la relación existente entre los Ultisoles (47,80%) y Alfisoles (20,42%) con las rocas sedimentarias; los Oxisoles (22,71%) con el área de ocurrencia de basaltos; con base de arenisca y en forma puntual se encontraron Entisoles (5,77%) y Mollisoles (0,79%); el 2,51% restante corresponde a superficies ocupadas por cauces hídricos y suelos de tierras misceláneas de difícil clasificación. Los antecedentes, resultados y conclusiones, indicarían que los suelos del Departamento de Canindeyú se encuentran, en general, relacionados de manera parental con las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona.

Palabras claves: Material parental, suelos, estratigrafía, Departamento de Canindeyú.

Characterization of Soils in Canindeyú Department, Paraguay

Author: Karla Andrea Golin Galeano
Advisor: Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín
Co-Advisor: Prof. Lic. Darío Gómez Duarte

ABSTRACT

The Canindeyú Department is located on the Northeastern region of the Eastern Paraguay, covering an area of 15,038 km². The stratigraphy of the region consists mostly of sedimentary sequence as follows: sandstones of Acaray Formation (9.95%), which is dated as Mesozoic; Misiones Formation (32.73%), as Mesozoic; the Independencia Group (17.84%), as Permian; and the Alto Paraná Formation, dated as Mesozoic, which is present 39.48% of the total surface, consisting of tholeiitic basalts. The main objective was to characterize the soils of the Canindeyú Department, having as reference the lithostratigraphic units outcropping in the area, and analyze the parental relationship of such. The used methodology was the comparison of primary data obtained mainly from soil survey map of the Eastern Region of Paraguay according to the work of Lopez et al. (1995) and the geological map of Paraguay (Proyecto PAR 86). Based on the results, it was possible to compare the relationship between Ultisoles (47.80%) and Alfisoles (20.42%) with sedimentary rocks; Oxisoles (22.71%) with the area of occurrence of basalts; sandstone base and isolated Entisoles (5.77%) and Mollisoles (0.79%) were found; the remaining 2.51% corresponds to areas occupied by water channels and Miscellaneous land soils are difficult to classify. The background, results and conclusions indicate that the soils of the Canindeyú Department are generally related to parental manner with lithostratigraphic units outcropping in the area.

Keywords: parent material, soil, stratigraphy, Canindeyú Department.

Caracterização dos Solos do Departamento de Canindeyú, Paraguay

Autor: Karla Andrea Golin Galeano

Orientador: Prof. MSc. Higinio Moreno Resquín

Co-Orientador: Prof. Lic. Darío Gómez Duarte

RESUMO

O Departamento de Canindeyú está localizado no Nordeste da Região Oriental do Paraguai, cobrindo uma área de 15.038 km². A estratigrafia da região consiste em arenitos da Formação Acaray (9,95%) -Mesozoico, Formação Misiones (32,73%) -Mesozoico e do Grupo Independencia (17,84%) -Permiano junto a rochas basálticas toleíticas da Formação Alto Paraná (39,48%) do Mesozoico. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de relacionar as unidades litoestratigráficas e os tipos de solos encontrados no Departamento de Canindeyú. A metodologia utilizada foi a comparação entre a carta de solos da Região Oriental do Paraguai produzida por Lopez et al.(1995) e o mapa geológico do Paraguai (PAR Project 86). Os resultados mostram que os Ultisoles (47,80%) e os Alfisoles (20,42%) estão presentes em áreas constituídas por arenitos; os Oxisoles (22,71%) coincidem com rochas basálticas de composição toleítica. Em zonas pontuais foram encontrados Entisoles (5,77%) e Mollisoles (0,79%) e a área restante (2,51%) é ocupada por canais fluviais e solos de terras miscelâneas de difícil classificação. A análise comparativa mostra que os solos do Departamento de Canindeyú estão, de modo geral, relacionados com as unidades litoestratigráficas aflorantes na região.

Palavras-chave: material de origem, estratigrafia, solo, Departamento de Canindeyú

TABLA DE CONTENIDO	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Suelos	2
2.2 Propiedades Físicas	4
2.3 Propiedades Químicas.....	4
2.4 Geología Regional	5
2.4.1 Grupo Independencia.....	6
2.4.1.1 Formación Cabacua	6
2.4.1.2 Formación Tapyta	6
2.4.1.3 Formación Tacuary	6
2.4.1.4 Formación San Miguel.....	6
2.4.2 Formación Misiones	6
2.4.3 Formación Alto Paraná.....	7
2.4.4 Formación Acaray	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Área de Estudio	8
3.2 Materiales cartográficos, equipos, programas informáticos y herramientas	9
3.3 Trabajo de Gabinete	9
3.4 Trabajo de Campo	10
3.5 Trabajo de Laboratorio	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Descripción general de los suelos	14
4.2 Propiedades Físicas	15
4.3 Propiedades Químicas.....	16

5. CONCLUSIONES	17
ANEXO	
Anexo 1. Tabla General de Ordenes de Suelos.....	19
Anexo 2. Análisis Físicos	20
Anexo 3. Análisis Químicos	21
Anexo 4. Fotos del Trabajo de Campo	22
Anexo 5. Mapa Geológico del Departamento de Canindeyú	24
Anexo 6. Mapa de Ubicación del Área de Estudio.....	25
Anexo 7. Mapa de Suelos del Departamento de Canindeyú.....	26
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Canindeyú se encuentra localizado al Noreste de la Región Oriental y tiene como principal actividad económica a la agricultura intensiva, seguida por la ganadería, lo que justifica una investigación geológica con relación a los suelos de la zona, aportando así al conocimiento científico regional.

Se considera suelo a la capa superficial que combina materia mineral y orgánica, agua y aire, definiendo su límite inferior hasta donde llega la actividad biológica de las raíces de plantas y los animales. Está formado por la incorporación de materia orgánica, el intemperismo de rocas, el movimiento de materiales dentro del suelo y el relieve.

El suelo se caracteriza a través de sus propiedades físicas y químicas, como son por un lado su textura, color, densidad, estructura, porosidad y por otro su acidez-alcalinidad, salinidad, capacidad de intercambio iónico, porcentaje de saturación de bases, presencia de aluminio y cantidad de materia orgánica presentes en el suelo.

El presente Trabajo de Grado tiene como objetivo general realizar la caracterización de los suelos del Departamento de Canindeyú, al tener presente las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona, y analizar la relación parental de los mismos.

Como soporte del objetivo tenemos a la geología y a la geomorfología de la zona, sin dejar de lado los demás procesos formadores del suelo, como el clima, que puede acelerar o retrasar el proceso de meteorización del material parental.

Para el logro de los objetivos, se utiliza como base mapas de suelos y mapas geológicos, así como la observación y muestreos de los órdenes de suelos y rocas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Suelos

El suelo es un sistema abierto y dinámico constituido por tres fases: una sólida formada por componentes orgánicos e inorgánicos, y otras dos fases, líquida y gaseosa, las cuales ocupan los espacios existentes entre los componentes sólidos. El agua, que es el componente principal de la fase líquida, puede contener iones y sustancias en suspensión o solución, mientras que el aire, que corresponde a la fase gaseosa, se lo considera como la atmósfera del suelo (Porta et al., 2003).

“La génesis de un suelo o edafogénesis consiste en un conjunto de procesos progresivos por los cuales un material originario, posiblemente isotrópico, se transforma en un suelo con uno o más horizontes” (Barrett & Schaetzl, 1988, citado por Porta et al., 2003).

En una gran parte de los suelos, cuando se estudia la parte sólida, se observa un predominio de componentes inorgánicos, originados por los componentes minerales que componían el material formador. Tales minerales formadores pueden ser heredados, transformados o neoformados (Porta op cit.).

El material parental que origina el suelo representa una parte pasiva del sistema formador, donde dicho material puede estar constituido por la roca madre, un depósito no consolidado o un suelo preexistente, que luego sumado a otros factores formadores tales como el clima, los organismos vivos, la geomorfología y el tiempo, contribuyen a la formación del suelo (Porta op cit.).

Gaucher, citado por Porta op cit., considera también como factores formadores a los procesos hidrológicos, la influencia del hombre en su entorno, la evolución del medio geológico y el paleoambiente de la edafogénesis.

Porta op cit., menciona que el ambiente formador influye en gran medida en el material resultante, así un mismo material parental bajo diferentes condiciones ambientales y geomorfológicas, puede generar materiales distintos. Aun así existe una relación a grandes rasgos entre material parental y suelo originado.

Las areniscas (ortocuarcitas o areniscas cuarzosas) por definición contienen más del 50% de partículas del tamaño arena, donde predomina el cuarzo. Como matriz de las mismas podemos encontrar silicio, hierro y carbonatos, junto a impurezas, como feldespatos y micas, que influyen en gran medida el tipo de suelo generado. En general estos suelos tienen textura gruesa y son sumamente permeables, tendiendo a bajos contenidos de bases, nutrientes y pH (Buol et al., 1990).

Con relación a los basaltos, Buol op cit., menciona que debido a su alto contenido en minerales de hierro y magnesianos, con plagioclasias ricas en calcio, estos generan gran cantidad de arcilla y hierro libre, ya que se intemperizan con rapidez. Estos suelos que derivan del basalto, tienden a ser de color rojo oscuro a café, por su alto contenido de hierro libre, además de presentar valores relativamente altos de bases y de ph, aunque con valores inexistentes o muy bajos de aluminio intercambiable (Buol op cit.).

Encina et al. (2007), hace una comparación entre suelos originados por basaltos y por areniscas, concluyendo que los primeros presentan una predominancia de microporos, alta plasticidad y pegajosidad, con una estructuración más fuerte en oposición a las características encontradas en los suelos originados por areniscas, que presentaron predominancia de macroporos, baja plasticidad y pegajosidad, con una estructura más débil que el anterior mencionado.

Burgos & Rodas (2001), mencionan en su trabajo “Suelos y Paisajes del Mbaracayú”, realizado en la Reserva del Mbaracayú, que los suelos procedentes de areniscas, pertenecen al orden Ultisol y tienen un paisaje de lomadas, sin rocosidad y con buen drenaje. Mientras que los demás suelos pertenecen a los órdenes Entisol, Anfisol y Oxisol. Los Entisoles se observaron en suelos poco profundos, con drenaje excesivo y moderada rocosidad, en tanto que los Alfisoles se sitúan en las planicies de inundación de ríos y arroyos, con un drenaje pobre, sin rocas y con relieve plano. Los Oxisoles presentan un relieve plano, buen drenaje y sin rocas.

2.2 Propiedades Físicas

2.2.1 Color: Es una propiedad que aparte de darnos información sobre el comportamiento del suelo, también nos permite inferir otras propiedades como la posible naturaleza de los componentes y su relación con las plantas (Bigham & Ciolkosz, 1993, citado por Porta op cit).

La descripción se utiliza por comparación directa con la tabla de colores de Munsell, a fin de evitar imprecisiones (Porta op cit.).

2.2.2 Textura: Se refiere a la relación existente entre las fracciones arena, arcilla y limo (Porta op cit).

2.2.3 Densidad bruta: Es el peso de un volumen conocido de suelo comparado con el peso de un volumen igual de agua (Buol op cit.).

2.3 Propiedades Químicas

2.3.1 Materia orgánica: Por lo general los suelos se forman a partir de materiales inorgánicos. La materia orgánica presente en los mismos, procede de la descomposición de plantas, animales y microorganismos. (Porta op cit.).

2.3.2 Cationes intercambiables y acidez intercambiable: Las especies iónicas positivas, que contrarrestan los iones negativos presentes en las arcillas del suelo y en la materia orgánica, pueden clasificarse en dos grupos: bases intercambiables y cationes que generan acidez intercambiable.

Las especies más comunes de bases intercambiables incluyen al calcio, magnesio, sodio y potasio, que son esenciales en la clasificación y génesis de suelos; mientras que entre las especies de cationes del grupo de los ácidos, están el hidrógeno y el aluminio.

2.3.3 Capacidad de intercambio catiónico: La capacidad que tiene un suelo para absorber o retener cationes y para intercambiar iones en las reacciones químicas reversibles es algo fundamental para el estudio de nutrición-fertilidad de suelos y para entender la génesis de los mismo (Buol op cit.).

2.3.4 Acidez: Determinar los valores de pH del suelo, es probablemente la medición química más importante que se le puede realizar, ya que dependiendo de la reacción del suelo, se determinan los requerimientos de cal y su respuesta a los fertilizantes. Además de darnos información acerca de muchos de los procesos químicos que han tenido lugar durante la formación del suelo (Buol op cit.).

2.4 Geología Regional

En base a la literatura existente sobre la zona de estudio (PROYECTO PAR/1986; The Anschutz Corporation, 1979), la misma se encuentra constituida por las siguientes unidades litoestratigráficas (Mapa 1) con edades Paleozoicas a Mesozoicas, en periodos que van del Pérmico al Cretácico, en una sucesión de lo más antiguo a lo más joven. Así, tenemos la siguiente tabla de la estratigrafía de la región:

Tabla 1. Unidades litoestratigráficas del área de estudio.

Unidad Litoestratigráfica		Edad	
Grupo	Formación	Era	Periodo
	Acaray	Mesozoico	Cretácico
	Alto Paraná	Mesozoico	Jurásico-Cretácico
	Misiones	Mesozoico	Triásico-Jurásico
Independencia	Cabacua	Paleozoico	Pérmico
	Tapyta		
	Tacuary		
	San Miguel		

2.4.1 Grupo Independencia (Pérmico Superior 250 m.a.)

2.4.1.1 Formación Cabacua

Está representada por intercalaciones de areniscas, siltitas, lutitas y conglomerado de fragmentos de arcilla, con una pobre continuidad lateral de cuerpos de arena. Se le atribuye un ambiente fluvial o de facies de llanuras de inundación (The Anschutz Corporation, 1979).

2.4.1.2 Formación Tapyta

Constituida por areniscas con estratificación cruzada a paralela, laminada a masiva, observándose algunas raras manifestaciones de arcillas o fajas de siltitas. Su ambiente de formación es atribuido a cauces entrelazados, canales y arenas eólicas (The Anschutz Corporation, 1979).

2.4.1.3 Formación Tacuary

Representado por intercalaciones de areniscas, siltitas, lutitas, areniscas parcialmente calcáreas y chert oolítico (facies lacustres y fluviales) (The Anschutz Corporation, 1979).

2.4.1.4 Formación San Miguel

Constituida por areniscas con intercalaciones de lutitas y siltitas arenosas, espesores variados (deltaico, lagunal, barrera, abanicos costeros, complejo lacustre) (The Anschutz Corporation, 1979).

2.4.2 Formación Misiones (Triásico-Jurásico, 225 a 145 m.a.)

Según Proyecto PAR 86, esta formación está constituida por areniscas mayormente bien seleccionadas y de coloración rojiza. Presenta dos facies sedimentarias, la de origen eólico que es predominante y la de origen fluvial, que ocurre en menor proporción.

En el Paraguay, a las areniscas eólicas de la Formación Misiones, propiamente dicha, se las correlaciona con la Formación Botucatu, del Brasil.

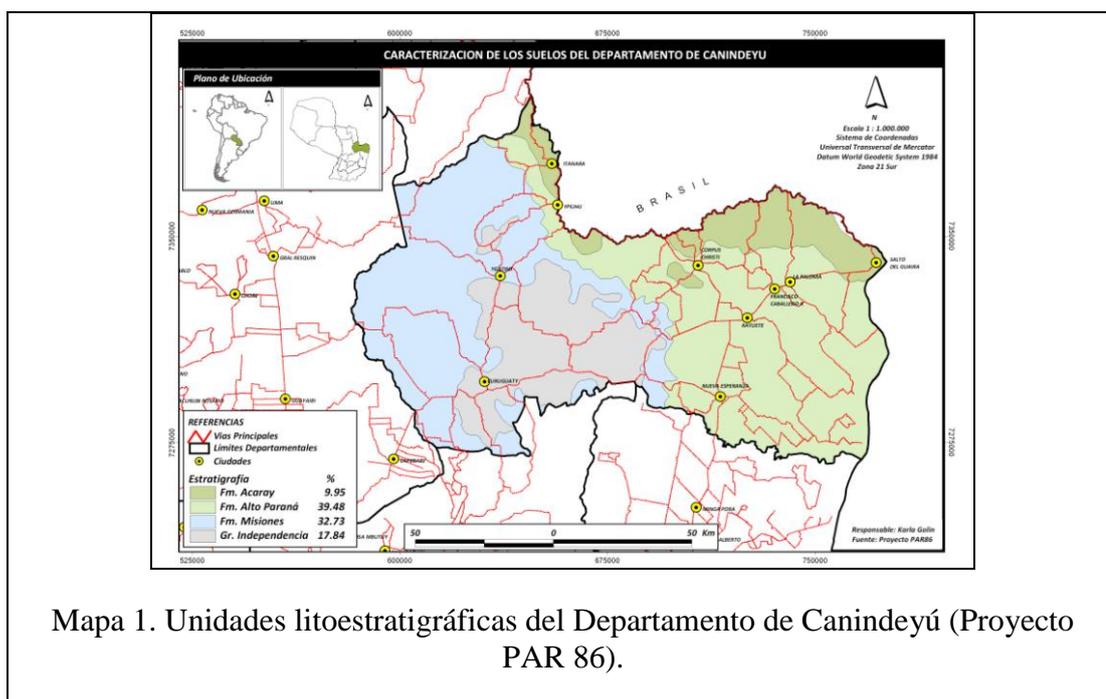
2.4.3 Formación Alto Paraná (Jurásico-Cretácico, 145 a 65 m.a.)

Está formada por extensos derrames de lavas basálticas, predominantemente toleíticos, esta correlacionada con la Formación Serra Geral en el Brasil. En su porción inferior está intercalada con las areniscas eólicas de la Formación Misiones (Proyecto PAR 86; The Anschutz Corporation, 1979).

2.4.4 Formación Acaray (Cretácico Superior, 65 m.a.)

Está constituida por una arenisca de color rosado, micácea y de granulometría fina, que se encuentra sobre los basaltos de la Formación Alto Paraná. Está correlacionada en el Brasil con la Formación Caiua (Proyecto PAR 86).

La presencia de la arenisca Acaray (Caiua según Bade, 2014), se extiende en gran parte hasta el límite izquierdo del lecho del Rio Piratiy, así como también en algunos puntos aislados del Departamento de Canindeyú.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de Estudio

El área de estudio, el Departamento Canindeyú, está localizado al Noreste de la Región Oriental, ocupando un área de 15.038 km², limita al Norte y Este con el Brasil (separados por el divisor de aguas de la Cordillera del Mbaracayú y el Río Paraná, respectivamente); al Sur, con los Departamentos de Alto Paraná y Caaguazú, al Oeste con el Departamento de San Pedro y al Noroeste con el Departamento de Amambay (Mapa 2). Está dividido en 13 distritos, con Salto del Guairá como capital.

Se accede a la misma a través de la Ruta 10 “Las Residentas”, que atraviesa al departamento de Este a Oeste, conectándolo con la Capital Asunción. La Súper Carretera Itaipú, une la Ruta N° 10 con Ciudad del Este, Alto Paraná, al Sur.



3.2 Materiales cartográficos, equipos, programas informáticos y herramientas

En la delimitación del área de estudio, se utilizaron informaciones cartográficas preexistentes sobre la división política del Paraguay, Mapa Geológico a escala 1:1.000.000 (Proyecto PAR 1986), mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental del Paraguay a escala 1:500.000 (López et al., 1995).

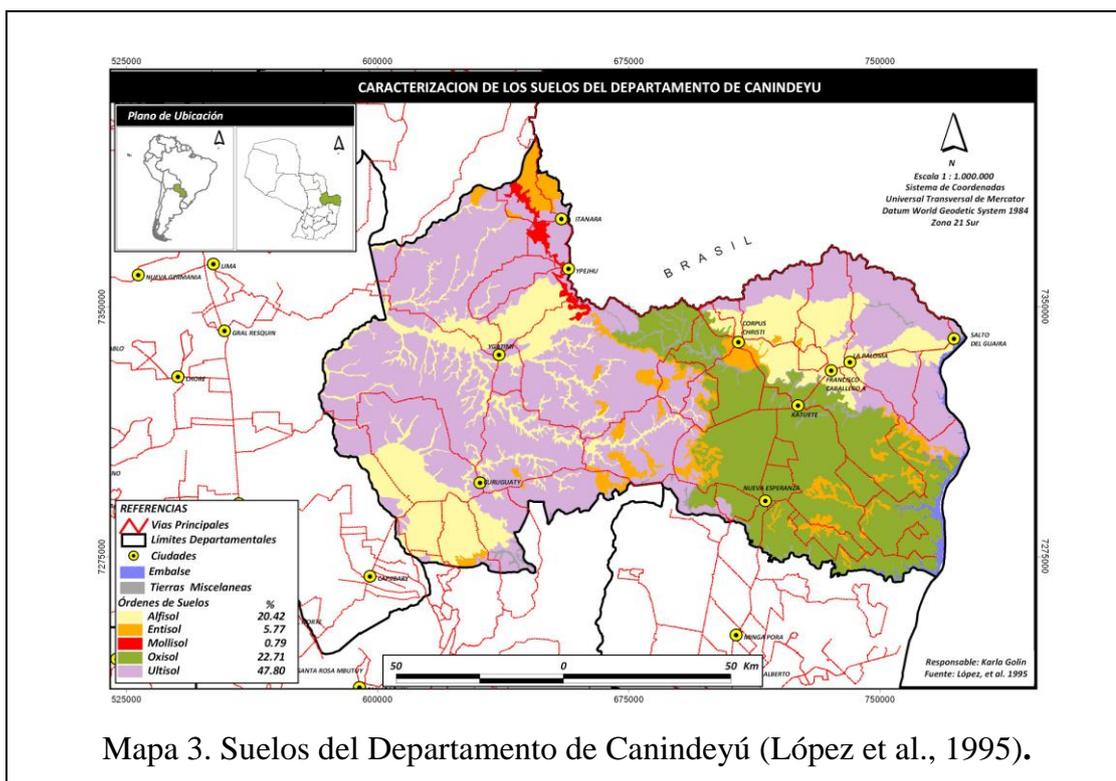
Además se utilizaron equipos informáticos (computadoras e impresoras), así mismo programas informáticos como: Microsoft Word, Microsoft Excel, Arc View 3.3, imágenes de Google Earth 2014; para los trabajos de campo fueron utilizados pala, bolsas de muestreo, etiquetas, pinceles, libreta de campo, GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y cámara fotográfica.

3.3 Trabajo de Gabinete

A través del Sistema de Información Geográfica (SIG), se procedió a delimitar el área de estudio abarcada por el Departamento de Canindeyú, utilizando el Arc View 3.3.

Posterior a la delimitación del área y a la identificación de los accesos viales y red hídrica de la región, se elaboraron los mapas temáticos, y se procedió a la confrontación del Mapa Geológico con el mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental.

Fueron identificadas las formaciones geológicas (PAR/86) presentes en el área para luego poder relacionar con los tipos de suelos (Anexo 1) descritos por López op cit., en su mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental (Mapa 3).



Mapa 3. Suelos del Departamento de Canindeyú (López et al., 1995).

3.4 Trabajo de Campo

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se utilizaron los datos proveídos por el mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental del Paraguay, de López op cit., además de realizar muestreos de algunos de los órdenes de suelo descritos. Tales puntos de muestreo fueron cuidadosamente seleccionados teniendo en cuenta el mapa geológico, mapa topográfico, recursos hídricos y vías de acceso.

3.5 Trabajo de Laboratorio

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, tanto en sus características físicas como químicas; luego se procedió al procesamiento y análisis final de los datos obtenidos.

La descripción de los suelos se hizo de acuerdo al orden jerárquico del Soil Taxonomy (sistema de clasificación de suelos propuesto por el Soil

Conservation Service de los Estados Unidos en 1975), y por lo tanto se inició con los Órdenes, seguidos por los Sub Ordenes, Grupos y los Sub Grupos que fueron identificados (Porta op cit.). Para tal finalidad fue utilizado el Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental de López op cit.

Todas las muestras de suelos fueron secadas al aire, desterronadas manualmente con rodillo de madera y pesadas por un tamiz de malla de 2mm. Posteriormente, se realizó la homogeneidad de las mismas, el cuarteo correspondiente y la separación en dos porciones iguales, quedando una de las porciones almacenada en el archivo de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA, y la otra porción preparada para los análisis físicos y químicos.

Las determinaciones físicas realizadas fueron:

- a) **Granulometría:** Se utilizó el método de la pipeta para las muestras utilizando Hexametafosfato de sodio e Hidróxido de sodio, con tratamiento previo de Peróxido de hidrógeno (para la eliminación de carbono orgánico en el suelo).
- b) **Clase textural:** Se asignaron de acuerdo con el triángulo de textura del USDA.
- c) **Color:** Para la descripción del color se utilizó la Tabla de Munssel.

Las determinaciones químicas fueron:

- a) **ph en agua:** Se formó una suspensión suelo-agua de relación 1:1, la cual se equilibró durante 30 minutos, leyéndose el ph de la suspensión, con agitación previa, en un peachímetro TOA.
- b) **Acidez intercambiable (Aluminio intercambiable):** Extracción con la solución de cloruro de potasio 1N, titulación con Hidróxido de sodio 0,01N, usando azul de bromotimol como indicador.
- c) **Capacidad de intercambio catiónico:** Extracción de Acetato de amonio 1N, con ph ajustado a 7.0 y saturación con amonio del complejo de cambio. El exceso de amonio del suelo fue eliminado lavándolo con etanol

al 95%. El amonio de la porción de intercambio fue extraído por el lavado con una solución de Cloruro de sodio al 10% y una alícuota de esta solución fue destilada en un aparato de Kjeldahl, recogiendo el destilado en una solución de Ácido bórico y titulándose con una solución de ácido clorhídrico a 0,002N.

- d) **Bases de cambio:** En la solución extraída para determinar capacidad de intercambio catiónico, se determinaron calcio, magnesio, potasio y sodio por absorción atómica, en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Hitachi.
- e) **Carbono Orgánico:** Método volumétrico de Dicromato de potasio, Ácido sulfúrico concentrado y Ácido ortofosfórico concentrado: titulación con Sulfato ferroso amoniacal.
- f) **Fósforo disponible:** Extracción del fósforo soluble en Bicarbonato de sodio 0,5M (Método de Olsen), usando Superfloc 127; el desarrollo del color se realizó por el Método de Murphy y Riley, y la posterior lectura en un Espectrofotómetro Hitachi 100-10.
- g) **Microelementos (cinc, manganeso, cobre, hierro):** En la solución de Olsen utilizada para determinar fósforo, se leyeron directamente estos micronutrientes en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica Hitachi 170-30. (modificado de López op cit.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de estudio está situada sobre rocas sedimentarias de la Formación Acaray y la Fm. Misiones, los basaltos de la Fm. Alto Paraná y las sedimentarias del Grupo Independencia, que ocupan un área de 9,95%, 32,73 %, 39,48%, y 17,84 % respectivamente.

La Formación Alto Paraná está constituida por rocas ígneas efusivas basálticas, mientras que las demás formaciones citadas son rocas sedimentarias que varían desde areniscas bien seleccionadas y redondeadas de origen eólico, hasta lutitas y conglomerados de fragmentos de arcilla.

López op cit, menciona que al Este del país, desde el Departamento de Canindeyú hasta Itapua, los Oxisoles son dominantes, característicos por ser derivados de basaltos y por estar presentes en ambientes de lomadas onduladas suaves.

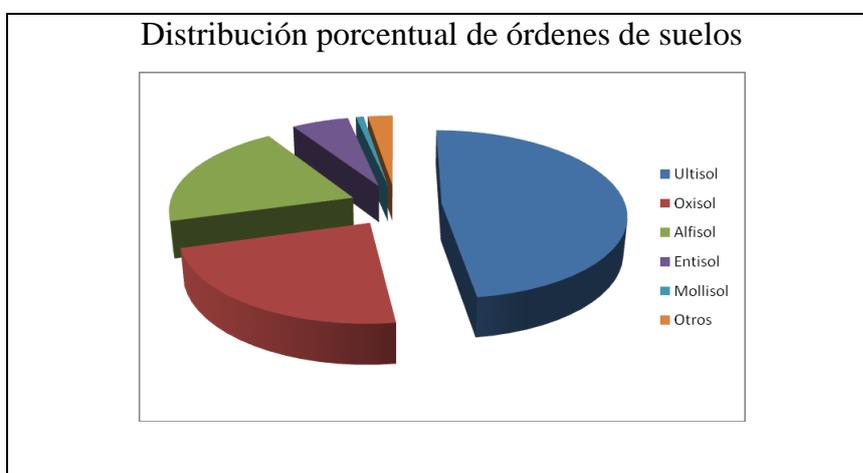
Samudio (2008, en base a López, 1995), señala que los suelos originados por los basaltos de la Formación Alto Paraná presentan una textura predominantemente fina, mientras que en las áreas de intercalación del basalto con las areniscas de la Formación Misiones la textura aumenta debido a la influencia de esta última.

Al comparar el mapa geológico de la región con el mapa de suelos del departamento de Canindeyú, observamos la relación existente entre los Ultisoles con las lomadas de areniscas, los Alfisoles con las planicies de inundación y rocas sedimentarias, las cuales se encuentran en la región Oeste y parte del Noreste, con característicos suelos arenosos y sumamente permeables. Del mismo modo se observa la relación existente entre los Oxisoles y los basaltos de la

Formación Alto Paraná, que generan suelos rojizos a café oscuros, con alto contenido en arcillas y su consecuente baja permeabilidad.

4.1 Descripción general de los suelos

Los suelos del área de estudio, según López op cit., se caracterizan por ser predominantemente de los órdenes Ultisol (47,80%), Oxisol (22,71%) y Alfisol (20,42%), seguidos por Entisol (5,77%) y Mollisol (0,79%), donde el 2,51% restante corresponde a superficies ocupadas por cauces hídricos, suelos de tierras misceláneas de difícil clasificación y otros.



Los Ultisoles ocurren en casi la mitad del área de estudio, ocupando un 47,8 % de la misma, teniendo a rocas sedimentarias mayormente areniscas como material parental, con variados tamaños de partículas que van desde arenosa a arcillosa fina, debido a las diferentes litologías asociadas. Presentan un buen drenaje, sin rocosidad, y con lomadas formadas mayormente por areniscas, aunque en zonas de transición también pueden estar relacionadas con lomadas de basalto.

Los demás suelos presentes pertenecen a los órdenes Oxisol, Alfisol, Entisol y Mollisol, en orden de mayor superficie ocupada. Los Oxisoles están asociados a la presencia de lomadas de basalto. Están constituidas por arcillas muy finas, un relieve muy suave, buen drenaje y sin rocosidad. Mientras que los

Anfisoles se presentan en lomadas de areniscas y en planicies de inundación de ríos y arroyos, con una variada granulometría que va desde arenosa a arcillosa fina, con un drenaje pobre cuando está asociado a las llanuras, al contrario de lo que ocurre cuando está asociado a las lomadas de areniscas. En general se encuentran en relieves planos a moderados sin presencia de rocas.

En cuanto a los Entisoles y a los Mollisoles, presentes en menor proporción, la primera se encuentra relacionada con lomadas de areniscas y la segunda con serranías rocosas.

4.2 Propiedades Físicas (Ver anexo 2)

Con relación a las muestras colectadas, se observa que todas son de color marrón rojizo oscuro (5YR3/3).

En la Estación 1 (KG01), la textura predominante es la Franco Arcillosa Arenosa, con excepción de la parte superior (0-40 cm.) donde la textura es Franco Arenosa. Mayor porcentaje de arena hacia la superficie, la cual va disminuyendo con la profundidad del perfil, al contrario de lo que ocurre con la arcilla, que aumenta su porcentaje con la profundidad.

En la segunda Estación (KG02), la textura es la Franco Arenosa, donde no hay variación en cuanto al porcentaje de arena, limo y arcilla entre los 40 y 150 cm., siendo los mismos 81, 6 y 13 % respectivamente. En la parte superficial, entre 0-40 cm, los valores de arcilla son ligeramente superiores que del resto del perfil, con 15% en contraste a la disminución de la arena (79%), lo que no hizo variar la textura final de la misma.

En la Estación 3 (KG03), entre 0 y 60 cm. la textura es Franco Arenosa, con 12% de arcilla, mientras que entre 0-150 cm. La textura es Franco Arcillo Arenosa con un 27 % de arcilla, donde además no se observa un patrón con relación a la porción arena, pero si con relación al limo, el cual va disminuyendo con la profundidad.

4.3 Propiedades Químicas (Ver anexo 3)

La Estación 1 (KG01), presenta mayor cantidad de materia orgánica en la parte superior del suelo (0-40 cm), en comparación con los otros dos puntos, con un 2,56 %, la cual va disminuyendo con la profundidad. El pH del suelo es ácido, con valores en superficie de 4,30 aumentando en los perfiles inferiores llegando hasta 4,6. Los valores de P, Ca, Mg, K y Na se mantuvieron bajos en todo el perfil, en tanto que los valores de aluminio intercambiable fueron altos, con un pico de 2,30 cmol_c/kg en superficie y disminuyendo con la profundidad. Los valores de Cu, Zn, Fe y Mn permanecieron altos, en especial los dos últimos.

En la segunda Estación (KG02), los porcentajes de materia orgánica permanecen bajos, con un valor en superficie de 1,2% disminuyendo con la profundidad. El pH del suelo es ácido, con valores de 5,30 entre 0-60cm y con pH de 5,40 entre 60-150cm. Los valores de P, Ca, Na y aluminio intercambiable de manera general se mantuvieron bajos en todo el perfil, en tanto que los valores de magnesio y potasio fueron altos en la parte superficial del suelo (0-40cm), con 1,80 y 0,76 respectivamente, los cuales se mantienen medio y bajo en el resto del perfil. Los valores de Cu, Zn, Fe y Mn en general permanecieron altos, principalmente el manganeso, llegando a 71,73ppm en la superficie.

En la Estación 3 (KG03), los valores de materia orgánica en la parte superior del suelo (0-40 cm) son de 1,48, la cual va disminuyendo con la profundidad. El pH del suelo es ácido, con valores en superficie de 4,40 aumentando en los perfiles inferiores llegando hasta 4,66. Los valores de P, Ca, Mg, K y Na se mantuvieron bajos en todo el perfil, en tanto que los valores de aluminio intercambiable fueron altos, con un valor de 1,88 cmol_c/kg en superficie y 1,56 cmol_c/kg entre 40 y 150 cm. Los valores de Cu, Zn, Fe y Mn en general permanecieron altos, principalmente el manganeso.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- El área de estudio está localizada sobre manifestaciones de las unidades litoestratigráficas identificadas como Formación Acaray del Cretácico superior, constituida por areniscas finas, rosadas, micáceas, depositadas sobre basaltos de la Formación Alto Paraná del Jurásico/Cretácico. También están presentes unidades del Pérmico Superior representadas por el Grupo Independencia, y las areniscas eólicas de la Formación Misiones de edad Triásica/Jurásica.

-La Formación Alto Paraná, está representada por una secuencia de basaltos toleíticos, que en su base intercala con las areniscas eólicas de la Formación Misiones, que de manera transicional reposan sobre unidades de areniscas, siltitas, lutitas y conglomerados de fragmentos de arcilla de la porción superior del Grupo Independencia (Formación Cabacua).

- Los órdenes de suelos del Departamento, presentan una fuerte filiación con el material de origen y por lo tanto con la litoestratigrafía manifestada.

- Las unidades sedimentarias representadas por las formaciones Cabacua (Grupo Independencia), Misiones y Acaray, dan origen a los Ultisoles del Departamento, con un 47,80% de la superficie estudiada, los cuales ocupan la mitad Oeste y la región Noreste del área de estudio.

- Los basaltos de la Formación Alto Paraná, presentan una fuerte relación con los Oxisoles, y constituye la segunda unidad de suelo en cuanto al porcentaje de cobertura con 22,71%.

- Los Alfisoles, constituyen el Orden de suelos que ocupan el tercer lugar en cuanto al porcentaje de la superficie del Departamento con 20,42%, y están posicionados principalmente sobre las unidades sedimentarias, aunque también en una pequeña porción, junto a Ultisoles, están posicionados sobre los basaltos, hecho que propone un relevamiento más detallado de las áreas de manifestación de estos Ordenes de suelos y las manifestaciones litológicas de la zona.

-Con respecto a sus propiedades físicas, de manera general se observa un aumento de arcilla con la profundidad del perfil, con excepción de la Estación 2, donde los valores permanecen prácticamente invariables. Las texturas encontradas son Franco Arenosa y Franco Arcillo Arenosa. El color de todos los suelos muestreados es marrón rojizo oscuro.

-Entre las propiedades químicas cabe mencionar que los suelos son ácidos, el alto porcentaje de hierro y magnesio en los suelos. En las Estaciones 1 y 3, los valores de P, Ca, Mg, K y Na se mantuvieron bajos, en tanto que los valores de aluminio intercambiable fueron altos. En la segunda Estación, en cambio, los valores de aluminio intercambiable también permanecieron bajos, así como P, Ca y Na en tanto que los valores de magnesio y potasio fueron altos en la parte superficial del suelo. En todas las muestras se obtuvieron valores altos de hierro y manganeso.

Con las conclusiones precedentes, queda demostrada que los suelos del Departamento Canindeyú se encuentran, en general, relacionados de manera parental con las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona.

El presenta Trabajo, ha podido identificar aéreas con suelos del orden Alfisol y Ultisol sobre los basaltos de la Formación Alto Paraná, lo que justifica una relevamiento más detallado de tal área con el objetivo de revisar la distribución de las unidades litoestratigráficas y los suelos.

ANEXO

Anexo 1. Tabla General de Ordenes de Suelos (López et al., 1995).

N	Etiqueta	Orden	Grangrupo	Subgrupo Taxonómico	Tamaño de partícula	Paisaje	Material de origen	Relieve	Drenaje y/o permeabilidad	Rocosisidad y/o pedregosidad
1	A 4.4 (La/A2n)	Anfisol	Kandiudalf	Rhodic	Arcillosa fina	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Bueno	nula
2	A 9.1 (La/B2n)	Anfisol	Paleudalf	Arenic	Arenosa	Lomada	arenisca	3 - 8 %	Bueno	nula
3	A 9.1 (La/BC2n)	Anfisol	Paleudalf	Arenic	Arenosa	Lomada	arenisca		Bueno	nula
4	A 11.2 (La/B2n)	Anfisol	Paleudalf	Rhodic	Francosa gruesa	Lomada	arenisca	3 - 8 %	Bueno	nula
5	A 7.3 + U1.5 (Ls/A5n)	Anfisol	Paleudalf	Aquic	Francosa fina	Llanura	sediment o aluvial	0 - 3 %	Muy pobre	nula
6	E 2.1 (La/A2n)	Entisol	Quartzipsament	Typic	Arenosa	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Bueno	nula
7	E 2.1 + E 3.1 (La/C1m)	Entisol				Lomada	arenisca	8 - 15%	Excesivo	moderada
8	E 4.1 (La/A3n)	Entisol	Udipsamment	Oxyaquic	Arenosa	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Moderado	nula
9	O 6.5 (Lb/A2n)	Oxisol	Kandiudox	Rhodic	Arcillosa muy fina	Lomada	basalto	0 - 3 %	Bueno	nula
10	O 6.5 (Lb/B2n)	Oxisol	Kandiudox	Rhodic	Arcillosa muy fina	Lomada	basalto	3 - 8 %	Bueno	nula
11	M3.3 (Sa/b \ C/D2f)	Mollisol	Hapludoll	Lithic	Francosa fina	Serranía	arenisca + basalto	< 8 %	Bueno	Fuerte
12	U 6.1 (La/A2n)	Ultisol	Paleudult	Arenic Rhodic	Arenosa	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Bueno	nula
13	U 6.1 (La/A/B2n)	Ultisol	Paleudult	Arenic Rhodic	Arenosa	Lomada	arenisca	3 - 8 %	Bueno	nula
14	U 6.2 (La/B2n)	Ultisol	Paleudult	Arenic Rhodic	Francosa gruesa	Lomada	arenisca	3 - 8 %	Bueno	nula
15	U 10.2 (La/B/C2n)	Ultisol	Paleudult	Rhodic	Francosa gruesa	Lomada	arenisca		Bueno	nula
16	U 10.3 (La/A2n)	Ultisol	Paleudult	Rhodic	Francosa fina	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Bueno	nula
17	U 10.4 (La/A/B2n)	Ultisol	Paleudult	Rhodic	Arcillosa fina	Lomada	arenisca		Bueno	nula
18	U10.4 (Lb/B2n)	Ultisol	Paleudult	Rhodic	Arcillosa fina	Lomada	basalto	3 - 8 %	Bueno	nula
19	U11.2 (La/A2n)	Ultisol	Paleudult	Typic	Francosa gruesa	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Bueno	nula
20	U 11.3 (La/B2n)	Ultisol	Paleudult	Typic	Francosa fina	Lomada	arenisca	3 - 8 %	Bueno	nula
21	U 7.1 + U 6.3 (La/A2n)	Ultisol	Paleudult		Arenosa	Lomada	arenisca	0 - 3 %	Bueno	nula

Anexo 2. Análisis Físicos

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias

Departamento de Suelo y Ordenamiento Territorial
Laboratorio de Servicio al Público

Propietario: Karla Golin

Departamento: Canindeyú

Distrito:

Fecha : 24/10/2014

Código	Profund. cm.	Arena -----	Limo %	Arcilla -----	Textura	Color	Descripción
--------	-----------------	----------------	-----------	------------------	---------	-------	-------------

Estación 1: 729194/7317224

KG-01	0-40	67	18	15	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-01	40-60	65	14	21	Franco Arcillo Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-01	60-80	61	16	23	Franco Arcillo Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-01	80-1,50	53	14	33	Franco Arcillo Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro

Estación 2: 0737511/7333871

KG-02	0-40	79	6	15	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-02	40-60	81	6	13	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-02	60-80	81	6	13	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-02	80-1,50	81	6	13	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro

Estación 3: 740853/7330949

KG-03	0-40	61	26	12	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-03	40-60	65	22	12	Franco Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-03	60-80	53	20	27	Franco Arcillo Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro
KG-03	80-1,50	65	8	27	Franco Arcillo Arenosa	5 YR 3/3	Marrón Rojizo Oscuro

Anexo 3. Análisis Químicos

Código	Prof.	pH	Mat. Org.	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ +H ⁺	Cu	Zn	Fe	Mn
	cm.		%	ppm	-----cmol/kg-----					-----ppm-----			
KG-01	0-40	4,30	2,56	2,79	0,19	0,21	0,01	0,03	2,30	0,91	2,11	20,80	10,70
KG-01	40-60	4,5	1,1	2,8	0,2	0,1	0,0	0,0	1,9	1,8	1,6	19,0	10,5
KG-01	60-80	4,66	0,84	2,99	0,19	0,09	0,01	0,02	1,56	1,36	1,17	18,60	10,43
KG-01	80-150	4,60	0,72	2,79	0,19	0,21	0,01	0,03	1,56	0,91	2,11	19,90	10,70
KG-02	0-40	5,30	1,20	8,08	2,86	1,80	0,76	0,06	0,20	1,81	1,88	13,58	71,73
KG-02	40-60	5,30	0,98	3,29	0,57	0,65	0,02	0,06	0,30	2,72	0,94	10,86	14,35
KG-02	60-80	5,40	0,94	6,19	0,38	0,37	0,02	0,03	0,10	1,81	3,75	9,51	15,30
KG-02	80-150	5,40	0,78	4,09	0,38	0,28	0,02	0,06	0,10	1,81	1,88	10,86	17,21
KG-03	0-40	4,40	1,48	2,99	0,57	0,28	0,02	0,03	1,88	0,91	1,41	10,86	16,26
KG-03	40-60	4,54	1,23	6,48	0,29	0,14	0,01	0,02	1,56	2,26	1,88	10,19	14,35
KG-03	60-80	4,62	1,07	2,79	0,19	0,14	0,01	0,02	1,56	1,81	1,64	14,94	10,52
KG-03	80-150	4,66	0,84	2,99	0,19	0,09	0,01	0,02	1,56	1,36	1,17	14,94	10,43

Anexo 4. Fotos del Trabajo de Campo



Suelos derivados de los basaltos de la Fm. Alto Paraná.



Suelos sobre basaltos de la Fm. Alto Paraná.

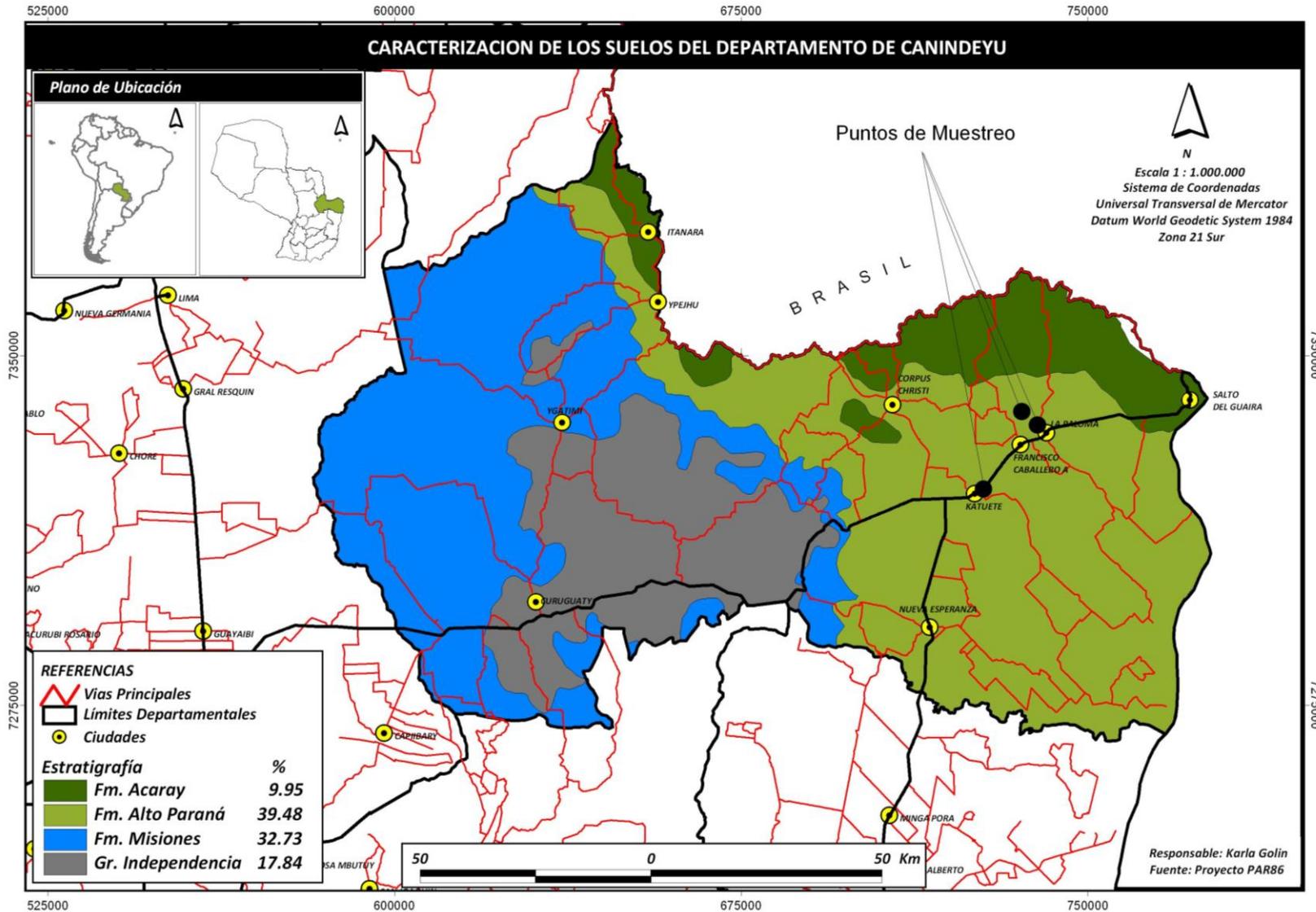


Muestreo de suelos derivados de Areniscas (80 cm.)

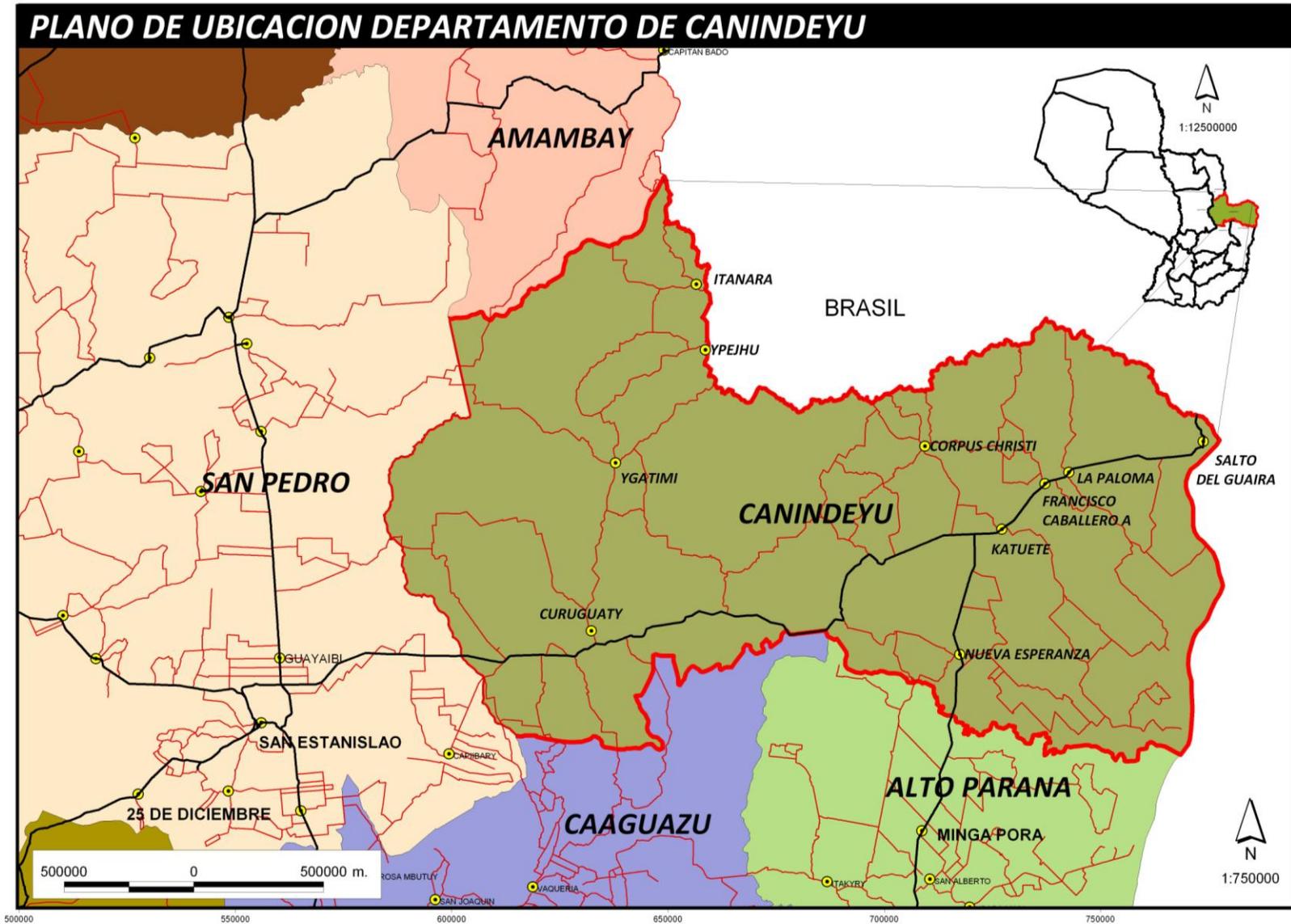


Perfil del muestreo de suelos derivados de areniscas.

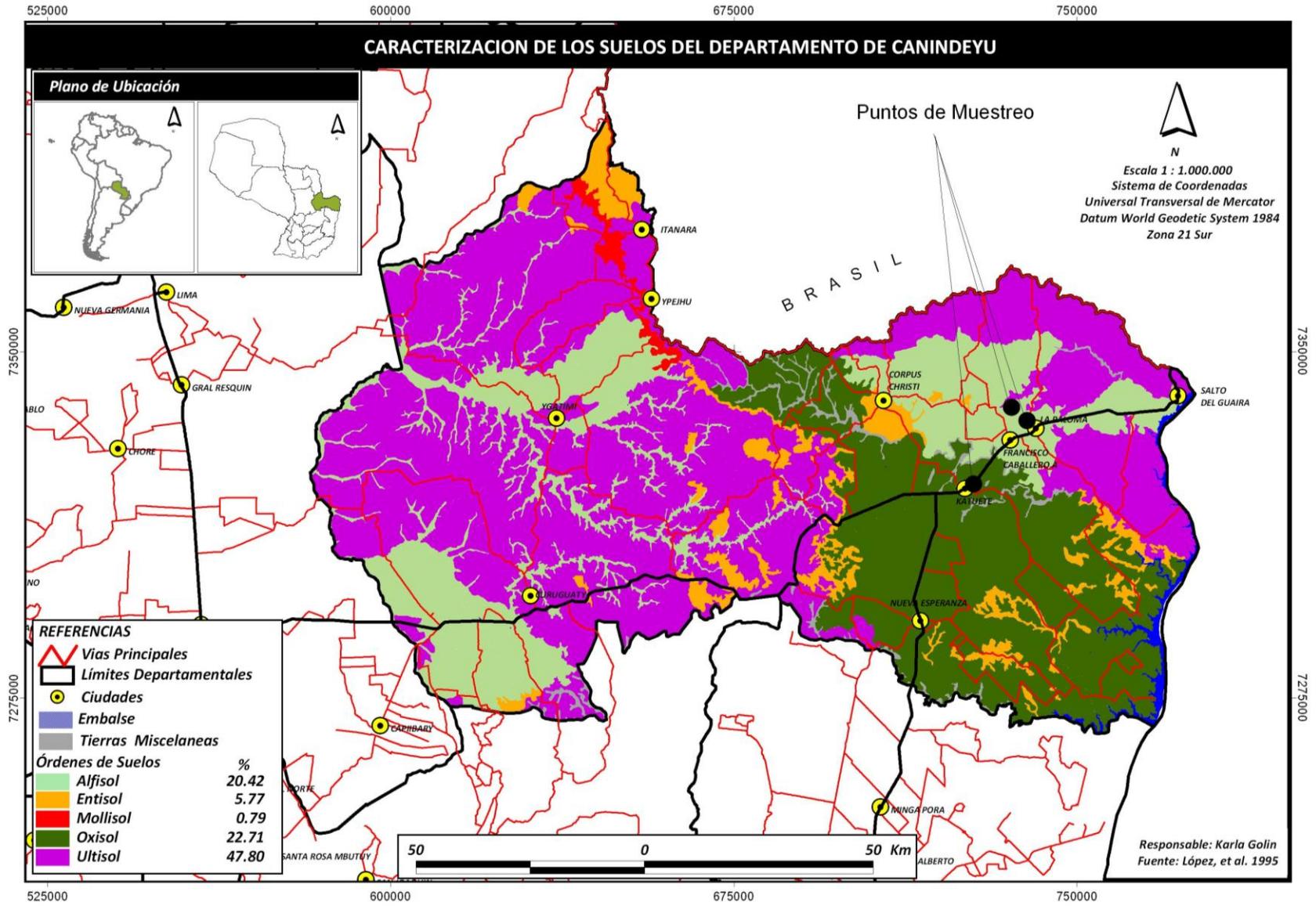
Anexo 5. Mapa Geológico del Departamento de Canindeyú (Proyecto PAR 86).



Anexo 6. Mapa de Ubicación del Área de Estudio.



Anexo 7. Mapa de Suelos del Departamento de Canindeyú (López et al., 1995).



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADE, M.; 2014. Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (BRASIL/PARAGUAI). Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de M. C. Rondon. Brasil.

BUOL, S.W., HOLE, F. D., MCCRACKEN, R. J. 1991. Génesis y Clasificación de Suelos; 2da Edición. Editorial Trillas. México. México. 417 p.

BURGOS, S. M. & RODAS, O.; 2001. Suelos y Paisajes del Mbaracayú. Fundación Moises Bertoni – Universidad Nacional de Pilar. Asunción. Paraguay. 48 p.

ENCINA ROJAS, A.; 2007. Relación entre Materiales Geológicos y las Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Asunción. Volumen 10. N° 1, p. 59-64. Campus Universitario. San Lorenzo. Paraguay.

LÓPEZ GOROSTIAGA, O. et al.; 1995, Estudio de Reconocimiento de Suelos, Capacidad de Uso de la Tierra y Propuesta de Ordenamiento Territorial Preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Gobierno del Paraguay-MAG-SEAM-BM. Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra (Préstamo N 3445-PA)

MUNSELL COLOR COMPANY, 1975. Munsell Soil Color Charts. Baltimore 18p, Maryland, U.S.A

PACHER, M. et al.; 2013; Estudio Exploratorio de Necesidades del Departamento de Canindeyú. Salto del Guairá, Gobernación de Canindeyú. Salto del Guairá. Paraguay.

PORTA .J; M. LÓPEZ - ACEVEDO y ROQUERO, C.; 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 960P.

PROYECTO PAR 86/005, Mapa Geológico del Paraguay Texto Explicativo PNUD – MDN, Asunción – Paraguay 1998.

SAMUDIO ARCE, 2008, Relación del material parental con las características físicas y químicas de los suelos en la Formación Alto Paraná del Paraguay.

THE ANSCHUTZ CORPORATION, 1979, Geological map of eastern Paraguay 1:500000 – TAC int. Rep., Archivo DRM – MOPC. Asunción.