

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DIRIGIDO

**“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN LA
REGIÓN ANDINA DE BOLIVIA”**

RENÉ PARI MAMANI

La Paz- Bolivia

2021

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN LA
REGIÓN ANDINA DE BOLIVIA”**

Trabajo Dirigido presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

RENÉ PARI MAMANI

Asesor:

Ph. D. Ing. Agr. Roberto Miranda Casas

M. Sc. Ing. Agr. Gavi Alavi Murillo

Revisor (es):

Ph. D. Ing. Vladimir Orsag Céspedes

M.Sc. Ing. Wily Marco Flores Mancilla

La Paz- Bolivia

2021

U.M.S.A.

AGRADECIMIENTO

Un eterno agradecimiento A Dios, por la oportunidad de vivir esta vida con las personas que uno ama, que te dan la inspiración y fortaleza. A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, por la formación profesional y a todos los docentes por haber compartido sus valiosos conocimientos en mi formación profesional. A mis Asesores por ser participe de este trabajo, por los consejos, la orientación, el tiempo brindado y por su experiencia profesional, que permitió la realización de este trabajo Ph. D. Ing Agr. Roberto Miranda Casas, a mi querida amiga M. Sc. Ing. Agr. Gavi Alavi Murillo que siempre me motivo a seguir y alcanzar mi meta A mis revisores Ph.D. Ing. Vladimir Orgas Céspedes M Sc. Ing. Agr. Wily Marco Flores Mancila, por la colaboración, el apoyo profesional brindado y por el tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo. Al Ing. Agr. Roberto Dorado por su gran Apoyo. A mis Padres Nicolas Pari e Hilaria (+) que con su amor y su apoyo incondicional se logró realizar este trabajo. A mi familia Juana y mi Hija Ivon. A mis hermanos Lidia, Victor, Cesar, Emma, Bertha, Elisa y Hugo, por el apoyo y el cariño, que me brindaron mostrando gran solidaridad en los momentos que los necesite, me apoyaron en mi formación profesional.

DEDICATORIA

El esfuerzo realizado en este trabajo y el anhelo en alcanzar la meta, es el constante apoyo de aquella persona que uno ama y la que te apoyo y nunca perdió la fe en ti. También va dedicado a mi Mamita Hilaria Mamani Ari (+) que siempre estuviste alentándome y guiándome.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE MAPAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
Resumen.....	1
Abstrac	2
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	4
1.2. Justificación del Trabajo Dirigido	5
1.3. Objetivos.....	5
II. Marco Conceptual.....	6
2.1. Definición de Suelo.....	6
2.2. Propiedades físicas del suelo	7
2.2.1. Textura	7
2.2.2. Estructura.....	7
2.2.3. Densidad aparente	8
2.2.4. Porosidad	8
2.3. Características Químicas del Suelo.....	9
2.3.1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	9
2.3.2. Conductividad eléctrica (CE).....	9
2.3.3. pH.....	9

2.3.4.	Parámetros óptimos de la fertilidad del suelo.....	10
2.4.	El carbono del suelo	10
2.4.1.	Ciclo del Carbono.....	10
2.4.2.	Materia Orgánica del Suelo (MOS)	11
2.4.3.	Secuestro de Carbono en el suelo	12
2.5.	Muestreo del suelo	14
2.6.	<i>Soil Water Characteristics</i> Hydraulic Properties Calculator	15
2.6.1.	Introducción de datos de Textura	17
2.6.2.	Introducción de datos la Materia Orgánica (MO).....	17
2.6.3.	Obtención de la Densidad Aparente (Dap).....	17
2.7.	Cartografía.....	18
2.7.1.	Escala de un mapa.....	18
2.8.	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	19
2.8.1.	Elementos de un Sistema de Coordenadas	21
2.8.1.1.	Coordenada Geográfica o Geodésica.....	21
2.8.1.2.	Zona UTM	21
2.8.1.3.	Coordenada UTM.....	21
2.8.2.	Sistema de Información Geográfica (SIG).....	22
2.8.2.1.	Importancia y Utilidad del SIG	23
2.8.2.2.	Las Funciones de un SIG.....	23
2.8.3.	Base de Datos.....	23
2.8.4.	Georreferenciación.....	24
2.8.5.	Imágenes Satelitales	25
2.8.5.1.	Teledetección.....	25

2.8.5.2.	Análisis multitemporal	27
2.8.6.	Sistema de Información Geográfica, uso agrícola y suelo	28
2.9.	Regiones agroecológicas de Bolivia	30
2.9.1.	Altiplano Norte.....	33
2.9.2.	Altiplano Central	33
2.9.3.	Altiplano Sur.....	36
III.	SECCIÓN DIAGNÓSTICA.....	38
3.1.	Materiales y Métodos.....	38
3.1.1.	Localización y Ubicación	38
3.1.2.	Características del lugar.....	39
3.1.2.1.	Clima.....	39
3.1.2.2.	Temperatura.....	40
3.1.2.3.	Precipitación pluvial	41
3.1.2.4.	Características Ecológicas	42
3.1.2.4.1.	Flora en el Altiplano norte	42
3.1.2.4.2.	Flora en el Altiplano Central.....	43
3.1.2.4.3.	Flora en el Altiplano Sur.....	44
3.1.2.4.4.	Fauna silvestre.....	44
3.1.3.	Materiales.....	45
3.1.3.1.	Materiales De Gabinete	45
3.1.3.2.	Materiales Bibliográficos	45
3.1.4.	Metodología	45
3.1.4.1.	Procedimiento de Trabajo	45
3.1.4.2.	Variables de Estudio	51

3.1.4.3.	Flujograma del procedimiento de trabajo realizado.....	52
IV.	SECCIÓN PROPOSITIVA	53
4.1.	Aspectos Propositivos del Trabajo Dirigido.....	53
4.2.	Resultados y análisis	53
4.2.1.	Base de Datos del Carbono Orgánico en el Suelo	53
4.2.2.	Distribución del Carbono Orgánico del Suelo en la zona Andina de Bolivia.54	
4.2.2.1.	Altiplano Norte.....	54
4.2.2.2.	Altiplano Central y Sur	57
4.2.3.	Análisis estadístico de los valores del Carbono Orgánico del Suelo	59
4.2.4.	Análisis de factores que afectan al almacenamiento de COS.....	65
4.2.4.1.	Uso de suelo y Cobertura vegetal	65
4.2.4.2.	Análisis del Uso del Suelo.....	73
4.2.4.3.	Análisis del efecto de la Erosión	77
4.2.4.4.	Análisis del efecto de la Altitud.....	79
4.2.4.5.	Análisis del efecto de la Temperatura y la Precipitación	81
4.2.4.6.	Análisis del COS por Épocas	83
4.2.4.7.	Análisis del efecto de la Pendiente	85
4.2.5.	Propiedades físicas del suelo. Análisis de la Densidad Aparente	86
4.2.6.	Propiedades químicas del suelo.....	89
4.2.6.1.	Análisis de pH	89
4.2.6.2.	Conductividad Eléctrica (CE)	92
4.2.6.3.	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....	94
4.2.6.4.	Relación del COS con macronutrientes y otros elementos del suelo ..	95
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
	ANEXOS	109

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Datos Generales de las Zonas de estudio	42
TABLA 2. Tesis en suelos de la Región Andina de Bolivia que fueron valoradas	46
TABLA 3. Factores registrados	47
TABLA 4. Variable Cobertura Vegetal y Uso del Suelo.....	49
TABLA 5. Conversiones de unidades usadas	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de la distribución del COS las regiones del Altiplano boliviano ...	61
Cuadro 2. Distribución del COS en las Regiones del Altiplano boliviano	63
Cuadro 3. Análisis de la correlación de COS con macronutrientes, Sodio y Aluminio	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. COS analizado por grupos de Cobertura Vegetal	66
Figura 2. COS en grupos de cobertura vegetal en regiones del Altiplano boliviano ..	70
Figura 3. COS del <i>Barbecho</i> por años en regiones del Altiplano boliviano	74
Figura 4. COS analizado por tipos de erosión en regiones del Altiplano boliviano....	77
Figura 5. Correlación COS y Altitud promedios en regiones del Altiplano boliviano..	79
Figura 6. Relación de COS y Temperatura en regiones del Altiplano boliviano	81
Figura 7. Relación del COS y la Precipitación en regiones del Altiplano boliviano....	82
Figura 8. COS de acuerdo a épocas en las regiones del Altiplano boliviano	84
Figura 9. Relación del COS y la Pendiente en regiones del Altiplano boliviano	86
Figura 10. Relación del COS y la Densidad aparente en regiones del Altiplano boliviano	87
Figura 11. Relación COS y pH del Suelo en regiones del Altiplano boliviano	90
Figura 12. Relación del COS y la CE en el Altiplano Norte y Central	92
Figura 13. COS y CE en el Altiplano Sur de Bolivia	93
Figura 14. Relación del COS y CIC en regiones del Altiplano boliviano.....	95

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. Zonas agroecológicas (agroproductivas) de Bolivia.....	32
MAPA 2. Distribución del Carbono Orgánico del Suelo en el Altiplano Norte	55
MAPA 3. Distribución del COS en el Altiplano Central y Sur.....	58
MAPA 4. Cobertura vegetal y uso del suelo en las regiones del Altiplano boliviano .	69
MAPA 5. Densidad aparente del Suelo en zonas de la región Andina de Bolivia	88
MAPA 6. Distribución del pH en zonas de la región Andina de Bolivia	91

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Ubicación Geográfica, Altitud, Temperatura, Precipitación.	109
ANEXO B. Fecha de muestra. Época. Erosión. Cobertura Vegetal y Uso de suelo.	113
ANEXO C. Textura. Densidad aparente. MOS. COS %. COS (t/ha). Pendiente.....	119
ANEXO D. pH. Conductividad Eléctrica. Capacidad de Intercambio Catiónico. Macronutrientes.	124
ANEXO E. Municipio de Ancoraimes. Verificación de Bofedales.	131
ANEXO G. Referencia de estudio de COS en barbechos.	133
ANEXO H. Plataformas de descarga de coberturas nacionales.....	134

Resumen

En la biosfera el 69.8% del Carbono se encuentra en el suelo. Es así que, basado en el ciclo natural del carbono, el concepto de “Secuestro de Carbono” se refiere a mantener el carbono en el suelo mediante la Materia Orgánica, que, de otra forma, estaría libre en el ambiente como dióxido de Carbono.

Un área que presenta características adversas de Bolivia es la Región Andina, la cual tiene niveles de erosión variados y escasa incorporación de Materia Orgánica a los suelos. Por otra parte, esta región presenta factores favorables como la altitud, temperatura y textura de suelo, que favorecen al almacenamiento del Carbono Orgánico en el suelo.

En la Facultad de Agronomía se han realizado investigaciones en suelos de la Región Andina, los mismos cuentan con datos de laboratorio como: Densidad Aparente, % de Materia Orgánica y coordenadas de ubicación, con las cuales se ha obtenido una Base de datos de valores de Carbono Orgánico del Suelo (COS), tanto en tablas como en parte digital (*Shape*), obteniendo una distribución del COS donde los valores más altos son en lugares con mayor humedad y alta concentración vegetal (Bofedales).

Se pudo corroborar que el Altiplano Norte presenta mayor capacidad de almacenamiento de COS, seguido del Central Altiplano Sur, esto debido a las características propias de suelo, clima, vegetación y geográficas de cada zona. Para los análisis se trabajaron con 119, 73 y 23, muestras para cada zona respectivamente. Datos extremos altos corresponden a cobertura vegetal como Bofedales. El Barbecho como Uso de Suelo genera una acumulación de COS hasta el cuarto año. Los valores de COS son proporcionales a la Altitud y la precipitación e inversamente proporcional a la Temperatura. La correlación con el COS es inversamente proporcional para características del suelo como la Densidad Aparente, pH, la conductividad eléctrica (CE). La correlación con el COS es proporcional para la Capacidad de intercambio Catiónico (CIC). La COS genera una mejor acumulación y disponibilidad de macronutrientes.

Abstrac

It is known that 69.8% of the total carbon in the biosphere is found in the soil. Thus, based on the natural carbon cycle, the concept of "Carbon Sequestration" refers to keeping carbon in the soil through Organic Matter, which, otherwise, would be free in the environment as Carbon Dioxide.

The area that presents particular adverse characteristics of Bolivia is the Andean Region, which has varied levels of erosion and scarce vegetation cover, but which also presents favorable factors such as height, temperature and soil texture, which favor Carbon Sequestration.

In the Agronomy's Faculty, investigations have been carried out in soils of the Andean Region, they have laboratory data such as: Apparent Density, % of Organic Matter and location coordinates, with which a Database of values of Soil Organic Carbon (COS), both in tables and in part digital (*Shape*), obtaining a COS distribution where the highest values are in places with higher humidity and high plant concentration (*Bofedales*).

It was possible to corroborate that the Northern Altiplano has a greater SOC storage capacity, followed by the Central Southern Altiplano, this due to the characteristics of the soil, climate, vegetation and geography of each zone. For the analyzes, 119, 73 and 23 samples were used for each zone respectively. High extreme data correspond to vegetation cover such as *Bofedales*. Fallow land use generates an accumulation of SOC until the fourth year. COS values are proportional to altitude and precipitation and inversely proportional to temperature. The correlation with COS is inversely proportional for soil characteristics such as Apparent Density, pH, and electrical conductivity (EC). The correlation with COS is proportional to the Cation Exchange Capacity (CEC). The COS generates a better accumulation and availability of macronutrients.

I. INTRODUCCIÓN

El fenómeno del cambio climático, presente en todo el mundo, ha generado cambios en todo el entorno natural. Esto ha afectado en forma particular al trabajo del sector agropecuario tal como se conocía y según como se ve este fenómeno, va generando alteraciones cada vez más drásticas en los ecosistemas de los cuales depende toda la producción mundial. Diferentes componentes naturales están siendo dañados.

Ante los cambios mencionados, el suelo es un importante recurso que ayuda en gran medida a disminuir la concentración de carbono en el ambiente, ya que el mismo, es una importante reserva de Carbono, conteniendo más de este elemento que la atmósfera y la vegetación terrestre en conjunto (Lefèvre et al., 2017).

El Carbono Orgánico del Suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del Carbono orgánico de la biosfera (FAO, 2001). Por lo tanto, siendo el suelo un reservorio natural del Carbono, últimamente se ha visto el potencial respecto a la disminución del dióxido de carbono del aire. Este trabajo se realiza de acuerdo al manejo y a la utilización de técnicas adecuadas que fomenten el almacenaje de Carbono Orgánico.

Respecto al Altiplano, Orsag (2009), menciona el avance de la erosión hídrica y eólica debido a formas inadecuadas de cultivo en pendiente como surcos en dirección de escurrimiento; la degradación de la cobertura vegetal a causa de la deforestación por uso familiar o comercial dejando un suelo susceptible a la salinización/sodificación; la ampliación de la frontera agrícola hacia zonas altas de colinas y serranías, más aptas para pastoreo, sin prácticas de conservación y manejo de suelos necesarias; También menciona la extrema parcelación debido al aumento poblacional, con un uso a presión de la tierra, con descansos que se ha visto disminuida de 7 o 5 años, a mínimamente 1 o ninguna.

Ante el desconocimiento del potencial del suelo, que va más allá de ser simplemente un área de siembra o pastoreo, es necesario analizar y dar a conocer la información que hasta el momento se ha generado respecto al estudio de suelos en la Región Andina de

Bolivia y analizarlo en relación a la aptitud del mismo para favorecer las condiciones medio ambientales.

1.1. Planteamiento del Problema

El Carbono Orgánico del Suelo (COS) es una pequeña parte del ciclo global del carbono, el cual implica el ciclo del carbono a través del suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera. Se estima que la reserva de COS almacena 1500 Pg de Carbono (*1 Pg= 1 Petagramo= 10⁹ Toneladas*) en el primer metro de suelo de toda la corteza terrestre, lo cual supone más Carbono que el contenido en la atmósfera (aproximadamente 800 Pg de Carbono) y la vegetación terrestre (500 Pg de Carbono) combinados (FAO y GTIS, 2015, citado por Lefrève et al., 2017).

Por lo tanto, es importante utilizar la información disponible de las investigaciones ya realizadas y aplicarlas. Esta información se puede recopilar y analizar para obtener datos y estos ser analizados por diferentes métodos, esto, con el fin de tener material disponible para que municipios e instituciones tengan material para la toma de decisiones y el manejo apropiado y sostenible del suelo.

Este documento nos permitirá acceder a información del contenido aproximado de Carbono Orgánico en el Suelo (COS). Esta información es clave, debido a que el contenido de (COS) se considera uno de los indicadores más importantes de la calidad del mismo suelo.

Se sabe que existe mucha información de suelos, pero esta información está perdida, oculta y, en la mayoría de los casos, en bibliotecas personales. Asimismo, en la actualidad no se cuenta con un sistema de información de suelos de libre accesibilidad e inmediata tanto por parte de las instituciones educativas que realizan investigaciones como por gubernamentales y privadas, por lo que los datos se encuentran dispersos y fragmentados.

1.2. Justificación del Trabajo Dirigido

Existen trabajos de investigación en la Región Andina acerca de suelos los cuales tienen datos reales del estado y la calidad de los mismos. Estos deben ser utilizados y difundidos para que exista una mejora en las prácticas de producción y así también conocer el estado de los suelos andinos y su potencial, lo cual, permitiría realizar prácticas de manejo y conservación mucho más adecuados.

Con el presente trabajo se pretende compilar una base de datos de la mayor cantidad de trabajos realizados entre los años 2005 y 2020 acerca de estudios de suelos en la Región Andina, y también realizar un análisis del contenido de Carbono Orgánico del Suelo de manera que ayude a la toma de decisiones para la conservación y un adecuado uso de un recurso tan valioso, como también dar a conocer el potencial como para mejorar la calidad ambiental.

1.3. Objetivos

Objetivo General

- ✓ Sistematizar información sobre el contenido de Carbono Orgánico del Suelo en 3 zonas de la región andina de Bolivia.

Objetivos Específicos

- ✓ Obtener una base de datos de Carbono Orgánico del Suelo en 3 zonas de la región Andina de Bolivia en base a tesis de la Facultad de Agronomía de la UMSA.
- ✓ Determinar la distribución del contenido de carbono orgánico en el suelo en 3 zonas de la Región Andina de Bolivia y analizar la correlación con los factores climatológicos y propiedades físico-químicas del suelo.

Metas

- ✓ Obtener un solo documento de datos de Carbono Orgánico del Suelo en base a los análisis de laboratorios realizados en distintas tesis de la Facultad de Agronomía en las 3 zonas de la Región Andina de Bolivia en los últimos 15 años.
- ✓ Realizar mapas temáticos y análisis estadísticos con la información obtenida del Contenido de Carbono Orgánico en el suelo del área de estudio específico.

II. Marco Conceptual

2.1. Definición de Suelo

El suelo se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (FAO, 2021)

Según Jaramillo (2002), los factores de formación de los suelos son: clima, material parental, organismos, relieve y tiempo. Los suelos del altiplano son altamente variables, debido a las numerosas causas, desde la ubicación, topografía, etc.

La importancia del suelo desde el punto de vista agrícola, puesto que hay varias perspectivas, definimos de la siguiente manera: Los humanos consideramos al suelo muy importante por ser soporte de las plantas, que proporcionan alimentos, fibras, medicamentos y cubren otras necesidades humanas, también filtra el agua y recicla los desechos tóxicos presentes en la superficie, siendo el eje de la producción de materia prima para todo rubro, (USDA, 1999).

2.2. Propiedades físicas del suelo

Orsag (1993), señala que las propiedades físicas de los suelos dependen exclusivamente de dos propiedades fundamentales básicas: textura (composición mecánica, física o granulométrica) y su estructura. De estas dos propiedades fundamentales dependen el comportamiento del aire, agua y temperatura del suelo

2.2.1. Textura

La textura se refiere al contenido porcentual de arena, limo y arcilla que un suelo presenta. Como esas fracciones tienen diferentes cualidades para transmitir o retener el agua, aire, nutrientes y otros, consiguientemente las combinaciones de estas fracciones en diferentes proporciones le propician al suelo una fertilidad variada (Orsag, 2010).

La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2006).

UNICA (2011), también menciona que por medio de la textura de un suelo se pueden estimar ciertos atributos como su capacidad productiva, su comportamiento mecánico, capacidad de retención de agua, capacidad portante, velocidad de infiltración, densidad aparente, capacidad de usos contrastándola con la profundidad y pendiente, etc.

2.2.2. Estructura

Las partículas texturales del suelo como arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados y a unidades de mayor tamaño nombrados por peds. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las plantas (FAO, 2006)

La estructura se refiere a como las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla) del suelo se agrupan entre sí, especialmente con ayuda de los cationes (bivalentes y trivalentes), ligantes como la materia orgánica, hidróxidos de hierro y aluminio y otras para desarrollar diferentes formas de agregados, Orsag (2010).

La estructura produce efectos directos en el crecimiento vegetal que son influenciados en la aireación, velocidad de infiltración del agua, resistencia a la penetración de la raíz, variaciones de temperatura del suelo, etc. A la vez puede mitigar los efectos nocivos que puede tener la textura en el medio físico del suelo, así, por ejemplo, un suelo estructurado puede reducir, y hasta eliminar, los problemas de mal drenaje, baja permeabilidad y poca aireación, inducidos por la compactación de los agregados que se presenta en un suelo de textura fina (Jaramillo, 2002).

2.2.3. Densidad aparente

Según Miranda y Caballero (2015) la Densidad aparente es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total del mismo, incluyendo el espacio poroso. La Densidad aparente varía con la textura, estructura, compactación, materia orgánica, actividad biológica y composición mineralógica del suelo.

UNICA (2011), argumenta que la Densidad aparente refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que incluya tanto a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella. Para establecerla debemos tomar un volumen suficiente para que la heterogeneidad del suelo quede suficientemente representada y su efecto atenuado.

2.2.4. Porosidad

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2006).

2.3. Características Químicas del Suelo

2.3.1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Estas propiedades definen la capacidad para adsorber o retener nutrientes (cationes o aniones) en forma intercambiable para las plantas (Orsag 2010).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) estima los sitios de carga de las arcillas, tanto las cargas permanentes, como las cargas dependientes de pH. Estos sitios de intercambio retienen por fuerzas electrostáticas a los cationes (Pérez, 2017). La CIC es un indicador indirecto de la capacidad amortiguadora de los suelos y que es función de la cantidad y tipo de arcilla (Yong et al., 1990, citado por Pérez et al. 2017).

2.3.2. Conductividad eléctrica (CE)

La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE). El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente. Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE. La salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento (Rebolledo, 2017).

2.3.3. pH

Dentro de las características químicas de un suelo el pH determina la acidez o alcalinidad de un suelo, este parámetro es útil para definir el tipo de cultivo que sea adaptable a las condiciones donde se requiera establecerlo, además define la disponibilidad de nutrientes en el suelo, Miranda y Caballero (2015).

Prácticamente la disponibilidad, la solubilización y absorción de todos los nutrientes de la planta está controlada por el pH del suelo (Jaramillo, 2002).

2.3.4. Parámetros óptimos de la fertilidad del suelo

Según Hernández (2007), Porosidad Muy reducida es menor a 25%; Muy amplia, mayor a 60%. Un rango medio es de 45 a 50%.

Según Fernández et al. (2006), respecto a la CE, se considera poco salino cuando existen valores menores a 4 dS/m; regular, 6 dS/m; muy salino, 8 dS/m. Por otra parte, la CE está relacionada con el sodio (RAS, Relación de Absorción de Sodio), por lo cual 4 dS/m con <15% de RAS, el suelo es salino; < 4 dS/m, >15% RAS, con un pH 8.5-10, el suelo es sódico. Otro parámetro, el suelo es salino-sódico cuando sus valores son 4 dS/m; 15% RAS y pH variable, generalmente superior a 8.5.

Según UNICA (2011), CIC normal es de 15 a 25 meq/100gr.

Para pH, menor a 4 es para suelos extremadamente ácidos. Mayor a 9, es para suelos extremadamente básicos. Neutros, de 6.6 a 7.3.

Para valores de: Materia orgánica en porcentaje normal es de 2.0 a 2.5%.

Nitrógeno total en cantidades normales, 0.096 a 0.126.

2.4. El carbono del suelo

2.4.1. Ciclo del Carbono

El carbono es el cuarto elemento de mayor abundancia en la Tierra (Harrison, 2003) y se estima que constituye aproximadamente el 50% de peso seco de cualquier organismo; además, se encuentra en el agua como compuestos carbónicos disueltos y en el aire como dióxido de carbono (Zamora, 2003).

El ciclo del C en un agrosistema inicia cuando este ingresa en el proceso de fotosíntesis y sale del mismo por la respiración radical y microbiana; la diferencia entre la cantidad que ingresa al suelo como residuos vegetales y la que se genera por respiración microbiana representa el balance del mismo. Durante la descomposición de la biomasa, además de nutrientes, se libera CO₂, mismo que también es emitido por el proceso de mineralización de la materia orgánica humificada. La suma de la emisión de CO₂ por descomposición y mineralización constituye la respiración microbiana del suelo. El

carbono que no es emitido como CO₂ durante la descomposición pasa a formar parte de la biomasa microbiana en un primer momento y luego se integra a sustancias orgánicas más estables y se denomina carbono humificado (Sosa, 2012).

2.4.2. Materia Orgánica del Suelo (MOS)

Se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer (Meléndez y Soto, 2003).

La MOS puede ser dividida en: “viva” y “no viva”. La biomasa edáfica, que no representa más de un 5% de la MOS (Sosa, 2012), y las raíces de la planta podrían asimilarse como la fracción “viva” de la MOS; por su parte, la fracción “no viva” constituye la mayor parte de la MOS (más del 95%), y es la que contribuye a la estructura del suelo y en gran número de funciones físicas, químicas y biológicas. Diversos estudios coinciden en que la materia orgánica (MO) es el indicador que posee la influencia más significativa sobre la calidad de suelo y su productividad, Además, es un indicador clave en las funciones agrícolas (producción y economía), así como en funciones ambientales como la captura de carbono e inmovilización de metales pesados (FAO, 2002).

El Carbono Orgánico, al ser el principal componente de la materia orgánica del suelo, se utiliza como un indicador de calidad del suelo relacionándolo con la sustentabilidad de los ecosistemas, cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo (Martínez et al., 2008).

La cantidad de Materia Orgánica del Suelo es la diferencia entre todas las entradas de Carbono al suelo y todas sus pérdidas. Las principales entradas de carbono al suelo se generan mediante la incorporación de material vegetal, como residuos de cultivo (rastros, desechos de poda), raíces, exudados radicales y guano. De esta manera,

cuando mayor es el crecimiento vegetal, mayor el ingreso de carbono por este concepto (Etcheverría y Barahona 2018).

Los organismos fotosintéticos, y las bacterias que oxidan compuestos inorgánicos, utilizan como fuente de carbono su forma más oxidada (CO_2). Los otros organismos, obtienen el carbono fundamentalmente de materiales orgánicos. Gran parte del carbono de los materiales orgánicos, es utilizado como fuente de energía y es excretado de la célula como (CO_2), que es el principal producto de la respiración. Las sustancias orgánicas cumplen un doble papel nutricional, son fuente de carbono y fuente de energía. No existe en la naturaleza, ningún compuesto orgánico que no pueda ser utilizado como fuente de carbono y energía por algún microorganismo (Pino, 2016).

El suelo posee una gran capacidad para almacenar carbono. Sin embargo, esta capacidad es limitada, lo que depende de una combinación de factores, entre los que se encuentran el contenido y tipo de arcillas, así como la densidad y profundidad del suelo. Las características climáticas como precipitación, temperatura y radiación solar, también son importantes. Por último, las prácticas de manejo como la fertilización, sistemas de labranza, rotaciones, incorporación de residuos de cosecha y riego y drenaje, otorgan a los suelos distinta capacidad de almacenamiento de carbono orgánico (Etcheverría y Barahona 2018).

2.4.3. Secuestro de Carbono en el suelo

Se trata de la remoción del carbono de la atmósfera, mediante la fotosíntesis de las plantas y su almacenamiento como formas de materia orgánica estables y de larga vida en el suelo. Para que esto ocurra, es necesario que los agricultores tomen conciencia de la necesidad de efectuar cambios en las prácticas agrícolas tradicionales, buscando aportar más materia orgánica, que ésta sea más estable, y/o que retarde su descomposición (Etcheverría y Barahona 2018).

La mitigación es una acción que por medio de diferentes actividades pretende disminuir las emisiones de GEI que se generan hacia el ambiente (IPCC, 2014). Esto se puede lograr con actividades como: reforestaciones en zonas con alta tasa de deforestación; conservación, cuidado y manejo sostenible de bosques y selvas; conservación, cuidado

y manejo sostenible de los humedales; conservación, cuidado y manejo sostenible de los suelos y otras actividades que están enfocadas en disminuir las emisiones de los GEI hacia el medio ambiente.

Los ecosistemas que retiran dióxido de carbono de la atmósfera se conocen bajo el nombre de sumideros (Becerril et al., 2007), y son los bosques los que almacenan la mayor cantidad de carbono tanto a nivel de vegetación como de suelo

Zambrano et al. (2004), mencionan que los bosques cubren el 29% de las tierras y contienen el 60% del carbono de la vegetación terrestre, siendo estos ecosistemas los que más carbono secuestran por unidad de superficie, conteniendo cerca del 40% del total de carbono.

Aunque las tasas de captura de carbono, dependen de la edad, la composición, la estructura de la vegetación (Schulze et al., 2000, citado por FAO, 2002), y del ecosistema (Masera et al., 2001; Casanova et al., 2011, citados por FAO, 2002), los bosques naturales pueden considerarse en equilibrio dinámico en relación con el carbono bajo ciertas condiciones climáticas, para ciertas concentraciones atmosféricas de CO₂ y en ausencia de deforestación (FAO, 2002).

Para las áreas agrícolas, que podrían cubrir el 50% del planeta en el año 2040, se tiene una tasa de ganancia de carbono de 0.32 t/ha de Carbono por año para países industrializados y de 0.36 t/ha de Carbono por año para países en desarrollo. Las tierras de pastoreo tienen una tasa de ganancia de 0.80 t/ ha de Carbono por año (Watson et al., 2000),

Los sistemas agroforestales tienen el potencial de almacenamiento de carbono de entre 12 y 228 t/ ha teniendo mayor potencial en las zonas del trópico húmedo, tienen la capacidad de almacenar en la biomasa aérea 70 t/ ha y 25 t/ ha en los primeros 20 cm de profundidad del suelo (Mutuo et al., 2005).

En tierras de cultivo degradadas las tasas promedio de captura de carbono son de 3.1 t/ ha de Carbono por año con agroforestería permanente y 0.7 t/ ha de Carbono por año para el manejo de pastizales (Watson et al., 2000)

Los humedales que sólo cubren el 5% de la superficie terrestre, constituyen importantes sumideros de carbono contribuyendo en un 40% en la captura de CO₂. Los humedales tienen una capacidad de secuestro de carbono por unidad de área mucho mayor que otros sistemas de humedales y almacenan carbono con una liberación mínima de gases de efecto invernadero (GEI) debido a la inhibición de la metano-génesis por los sulfatos (Magenheimer et al., 1996; Mitsch y Gosselink, 2000; Bridgham et al., 2006; citados por Moreno et al., 2010).

Becerril et al. (2012), al estimar el contenido de carbono en biomasa aérea para un matorral espinoso en una unidad de escurrimiento en donde se realizan prácticas de conservación de suelos, retención de humedad y extracción de madera, encontró que para tres sitios (con vegetación, con poca cobertura vegetal y sin vegetación), la captura de carbono fue de 42.40, 20.53 y 4.87 t/ ha, respectivamente.

Sin embargo, debido a la gran extensión que representan las zonas áridas y semiáridas, dentro de las que se localizan los matorrales, representan también un gran potencial para secuestrar y almacenar carbono, entre otros beneficios ambientales, como retención de humedad, regulación del clima, etcétera (Becerril et al., 2012).

Otro factor a considerar es que los suelos de tierras áridas tienen menor probabilidad de perder carbono que los suelos húmedos (Glenn et al., 1992), en consecuencia, el tiempo medio de residencia del carbono en las tierras áridas es largo, algunas veces más que en los suelos de los bosques (FAO, 2007).

2.5. Muestreo del suelo

Los límites del horizonte proveen información de los procesos formadores del suelo dominantes que han formado a ese suelo. En algunos casos, estos reflejan los impactos antropogénicos en el paisaje del pasado. Los límites de los horizontes son descritos en términos de profundidad, distinción y topografía. La distinción del límite se refiere al espesor de la zona en donde el límite del horizonte puede ser localizado sin estar en uno de los horizontes adyacentes. La topografía del límite indica el contraste de la variación de profundidad del límite (FAO, 2009).

UNICA (2011), especifica los pasos y datos a registrar para un muestreo de suelos: Determinación de la pendiente de uno de los lotes por cualquiera de los métodos estudiados.

- ✓ Excavación de una calicata en el suelo (un agujero en forma de cubo con dimensiones de 1 metro ancho x 1 metro de largo x 1 metro de profundidad).
- ✓ Revisión en cada uno de los perfiles (lados), los cambios de coloración, textura, presencia de raíces, piedras y otras características que las diferencien.
- ✓ Registro de cuantas capas (horizontes) presenta cada perfil.
- ✓ Registro de características que prevalecen en sitio de estudio (vegetación arbórea, fuentes superficiales de agua, manejo agrícola o pecuario, erosión, etc).
- ✓ Registro fotográfico de cada horizonte observado.
- ✓ Extracción de una muestra de cada horizonte observado. Conservación del mismo en recipientes o envoltorios apropiados para su transporte o almacenamiento.
- ✓ Informe con los hallazgos encontrados.

2.6. *Soil Water Characteristics Hydraulic Properties Calculator*

Es un software desarrollado por el Dr. Keith E. Saxton y Dr. Walter Rawls, del USDA, el cual realiza cálculos, mediante un algoritmo, de diferentes características físicas del suelo a través de la entrada de otros datos relacionados al mismo.

De acuerdo a Vázquez (2009), las correlaciones estadísticas entre la textura del suelo, la curva de retención hídrica y la conductividad hidráulica pueden proveer estimaciones suficientemente correctas para muchos análisis y toma de decisiones. En este sentido, a la hora de trabajar sobre un suelo es bastante común poder contar con valores de textura, pero normalmente no es fácil contar con curvas de retención de humedad ni con mediciones de infiltración y conductividad hidráulica.

Para estas situaciones, el presente programa resulta una herramienta sumamente útil ya que estima el almacenaje, la curva de retención hídrica y la transmisión de agua del horizonte de un perfil de suelo agrícola mediante funciones de pedotransferencia,

utilizando valores conocidos de textura, materia orgánica, salinidad y grado de compactación.

Dicho programa contiene una interface gráfica que, a partir de los contenidos de arena y arcilla, provee las relaciones del contenido hídrico y tensión (punto de marchitez, capacidad de campo y saturación) y conductividad hidráulica saturada (Ksat) y no saturada. Las ecuaciones del modelo fueron desarrolladas por medio de correlaciones de una extensa base de datos de 1722 muestras provista por el National Soil Survey Laboratory del NRCS del USDA. Las soluciones del modelo son válidas para todas las texturas excepto para aquellas con contenidos de arcilla superior al 60%.

Soil Water Characteristics permite al usuario incluir variaciones en el contenido de materia orgánica, % de gravas (volumétrico o gravimétrico), nivel de salinidad y nivel de compactación. Cada una de estas 4 variables modifica el resultado de la solución y tiene rangos máximos y mínimos de variación para mantener la validez de dicho resultado. El efecto de la materia orgánica fue evaluado en correlaciones con la textura, en tanto que las otras tres variables modificadoras fueron evaluadas en base a literatura y datos adicionales.

Es importante tener en mente que cuando se utiliza una rutina de estimación como la presente, los resultados representan la media estadística de muchas muestras y métodos auxiliares y por lo tanto se “aproximan” a las características de un suelo específico. Es por esto que los resultados deben ser comparados y calibrados con datos locales. No obstante, si no hay datos locales para contrastar los resultados, las estimaciones del programa constituyen una muy razonable representación de los datos presentes en la literatura siendo útiles para la confección de balances de agua y otros procesos.

Finalmente, el programa ofrece al usuario la posibilidad de comparar las ecuaciones de una versión anterior (Soil equations Saxton) con las de la versión más actualizada (2006). Es recomendable utilizar las ecuaciones del año 2006 (Saxton y Rawls, 2006), las cuales están basadas en una base de datos considerablemente más extensa y más confiable y fueron derivadas utilizando técnicas de análisis más refinadas.

2.6.1. Introducción de datos de Textura

El programa permite estudiar cómo varían los parámetros físicos en función de las texturas de suelo. Esto puede hacerse arrastrando el Mouse dentro del triángulo textural y manteniendo el botón izquierdo apretado y observando cómo varían sobre el cuadro superior derecho el Punto de Marchitez (Wilting Point), Capacidad de campo (Field Capacity), Agua útil (Available water) etc, como así también viendo las curvas de potencial mátrico, mátrico más osmótico y conductividad hidráulica, ubicadas en el sector inferior de la pantalla (Vázquez, 2009).

2.6.2. Introducción de datos la Materia Orgánica (MO)

El incremento del MO generalmente produce un aumento de la capacidad de retención de agua y de la conductividad, como resultado de su influencia en la agregación del suelo y asociado a la distribución de poros. Las ecuaciones utilizadas por el programa son válidas para contenidos de MO menores al 8%, ya que no se utilizaron suelos con contenidos mayores para su derivación. El contenido de agua a tensiones mayores, por ejemplo -1500 kPa, se encuentra mayormente determinado por la textura del suelo, sin impactar el efecto de la MO sobre la agregación. Para niveles de humedad mayores (tensiones menores) el efecto de la MO varía con la clase textural, especialmente con las arcillosas (Vázquez, 2009).

2.6.3. Obtención de la Densidad Aparente (Dap)

Para la metodología *Soil Water Characteristics* (SWCH), que, mediante el software se estiman más datos del suelo en función de los valores de arena y arcilla, los resultados obtenidos, debido a las estimaciones con el modelo SWCH, tienen una correlación muy alta ($r > 0,80$) con determinaciones de laboratorio. Por lo tanto, es posible utilizarlo de manera eficiente como una herramienta, en el caso indicado con referencia a agua útil del suelo, haciendo énfasis en de texturas arenosa, franco arenosa y arenosa franca (Vázquez, 2009).

Para este caso, basta con ingresar los valores de arena y arcilla en el triángulo textural del software y, en ocasiones, complementar con el porcentaje de Materia Orgánica. Para el caso de la obtención de Densidad aparente, el Software es sencillo e intuitivo.

2.7. Cartografía

Ariza L. (2012) menciona a Caranton (1993) indicando que la cartografía está definida como la técnica de representar en forma convencional parte o toda la superficie terrestre sobre un plano, utilizando para este fin un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad (que es la escala) entre terreno y mapa.

Respecto a los métodos Cartográficos Alonso (2006), menciona acerca de que en la antigüedad ya se había corroborado en la utilización de un sistema de proyección geométrico, junto con un sistema de localización basado en coordenadas cartesianas o también llamadas métricas, es decir basadas en un par de ejes ortonormales, X e Y, donde un par de ejes son ortogonales si se cortan en ángulo recto, son normales si tienen la misma escala, y se denominan ortonormales cuando cumplen ambas condiciones, formando una cuadrícula mejoraba la fiabilidad de distancias, áreas o ángulos medidos sobre los mapas. Básicamente, son las actuales coordenadas geográficas latitud y longitud.

2.7.1. Escala de un mapa

Mostajo (2009), hace menciona que cada mapa posee una relación dimensional definida entre la realidad y su representación (ESCALA), ésta coloca un límite a la información a mostrarse en el mapa. Un mapa muestra parte de la superficie terrestre en forma reducida, sea en el papel o en formato digital. Entonces escala es la relación del terreno (superficie real de la tierra) y su representación reducida en el papel o formato digital.

Según Miranda (2004) la escala del mapa de publicación es una de las decisiones más importantes debido a que la escala condiciona en gran medida el tipo de levantamiento y consecuentemente, el tiempo y el costo para su elaboración. Para una determinada escala se tiene una determinada área cartografiable.

- ✓ De acuerdo a CEUPE (s.f.), ya que la escala, en términos generales, se define también como la relación de las longitudes de un elemento lineal en el plano y su representado en la superficie de referencia terrestre, existen escalas usadas de

acuerdo al trabajo o uso que se decida hacer con el material como se puede ver a continuación:

- ✓ Grandes escalas: Entre 1:50 y 1:10000. Planos de áreas pequeñas.
- ✓ Escalas medias: Entre 1:10000 y 1:100000. Mapas topográficos nacionales de la mayoría de los países.
- ✓ Pequeñas escalas: Entre 1:200000 y 1:1000000. Mapas provinciales, de Comunidades Autónomas o nacionales.
- ✓ Escalas muy pequeñas: Inferiores a 1:1000000. Mapamundis y planisferios.

La escala de un mapa, informa acerca de las veces que se han tenido que reducir las dimensiones de los objetos reales para poderlos representar en él. Definiéndose el tamaño mínimo que deben tener los objetos que quieren representarse en el mapa; en el caso de los levantamientos de suelos, el tamaño mínimo que debe tener un cuerpo de suelo para que pueda ser representado en aquel. Así mismo, la escala a la cual se va a publicar el mapa del levantamiento define el tipo de imagen que se va a utilizar para la fotointerpretación, puesto que la transferencia de información entre documentos tiene limitaciones cartográficas y fotogramétricas debidas a la diferencia de escala. Cabe aclarar que el mapa de suelos se realiza sobre un mapa, generalmente topográfico, elaborado previamente, llamado mapa base y éste es el que le da la precisión cartográfica final al mapa de suelos (Jaramillo, 2002).

2.8. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), según la *Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite* (s.f.), es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos.

El GPS se compone de tres elementos: los satélites en órbita alrededor de la Tierra, las estaciones terrestres de seguimiento y control, y los receptores del GPS propiedad de

los usuarios. Desde el espacio, los satélites del GPS transmiten señales que reciben e identifican los receptores del GPS; ellos, a su vez, proporcionan por separado sus coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa. Para hacer uso del sistema el usuario debe contar con un equipo receptor el cual proporcione la información de posicionamiento.

IICA (2014), afirma que es necesario entender cómo el sistema GPS establece la ubicación ayuda a tomar decisiones correctas para la determinación de coordenadas, medición de áreas y distancias. Aunque se pueda utilizar el sistema sin las explicaciones presentadas a continuación y así lo hacen la mayoría de los usuarios—, la información es de fundamental importancia en la práctica para reducir errores en el relevamiento de datos. Son importantes: el posicionamiento en relación a 4 satélites y el equipo receptor, medición de distancias a los satélites, relojes precisos para sincronizar. Al conocer la posición de varios satélites y la distancia hacia ellos, el receptor GPS puede calcular una posición precisa, para lo cual el sistema utiliza el concepto de triangulación, o la medición de distancias conocidas entre satélites GPS, y la información de la velocidad de propagación de la señal.

Debido al constante desarrollo del sistema GPS, día a día se incrementa la aplicación de los mismos en las actividades científicas, profesionales, deportivas, recreacionales, etc. Los geólogos, geógrafos e ingenieros forestales utilizan los GPS, en combinación con los sistemas de información geográfica (SIG) para la elaboración de mapas temáticos, captando en forma rápida y precisa la posición de puntos y asociando información y atributos a dichos puntos (Urrutia, 2005).

Según BBC (2017), Rusia tiene otro sistema similar al GPS, que es denominado GLONASS, el cual no es tan popular ni comercial como el primero debido a diferencias significativas, ya que aparte del uso y disposición del sistema, GLONASS tiene 24 satélites y comparte tres órbitas únicas, mientras que el GPS cuenta hoy día con 32 y se extiende en seis órbitas, entre otras.

2.8.1. Elementos de un Sistema de Coordenadas

Para poder utilizar el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es necesario conocer los tipos de coordenadas más importantes los cuales son usadas por el sistema.

2.8.1.1. Coordenada Geográfica o Geodésica

Osorio (2006), la define como una unidad cartográfica expresada en grados, minutos y segundos, usado para definir una posición en la tierra. Son la Latitud que es el arco medido desde el Ecuador al punto donde se encuentra el observador (0- 90°). Hacia el norte o hacia el sur. La longitud, es la localización de un lugar al este u oeste de una línea norte - sur denominada meridiano de referencia (meridiano de Greenwich), que van de 0° a 180°.

2.8.1.2. Zona UTM

Es un área determinada para trabajar con coordenadas geográficas ó en coordenadas UTM. Los sistemas de coordenadas geográficas y UTM corta imaginariamente la tierra, dividiéndola en 60 zonas, también se le llama "husos", numeradas de 1 a 60 a partir del meridiano de Greenwich. Entonces podemos decir que la tierra está dividida en 60 zonas. Bolivia se encuentra entre las zonas 19, 20 y 21. Cada zona está dividida en 20 bandas. Las bandas C a M están en el hemisferio sur. Las bandas N a X están en el hemisferio norte. (Osorio 2006).

2.8.1.3. Coordenada UTM

La proyección UTM es una de las más conocidas y utilizadas. Se trata de una proyección cilíndrica transversa (la generatriz del cilindro no es paralela al eje de rotación sino perpendicular). La Tierra se divide en 60 husos, con una anchura de 6 grados de longitud, empezando desde el meridiano de Greenwich. Se define un huso como las posiciones geográficas.

En cada uno de los husos el meridiano central tiene siempre un valor X= 500000 metros disminuyendo hacia el Oeste (hasta 0) y aumentando hacia el Este (hasta 1000 Km). En el Ecuador Y=0 metros, incrementándose el valor hacia el Norte y hacia el Sur.

Las coordenadas UTM suelen expresarse en metros o kilómetros, siendo preferible hacerlo en metros en aplicaciones SIG para evitar la aparición de decimales. En los mapas del IGN a escala 1:50000 y 1:25000 y del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50000, los valores de las coordenadas X e Y UTM suelen expresarse en kilómetros. Como resultado de emplear un sistema de coordenadas plano, puede representarse sobre el mapa una malla que represente las líneas con igual coordenada X o igual coordenada Y. La malla se representa, en los mapas antes mencionados, con una separación de 1 kilómetro (Alonso, 2006)

2.8.2. Sistema de Información Geográfica (SIG)

De acuerdo a Achuy (2006), el término SIG, procede del acrónimo de Sistema de Información Geográfica (en inglés Geographic Information System), técnicamente se puede definir un SIG como una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con estos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (personal). Son por tanto cuatro los elementos constitutivos de un sistema de estas características: Hardware, Software, Datos Geográficos y Equipo Humano.

Sistema de Información Geográfica (SIG) es una colección organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, análisis espacial, y despliegue de todo tipo de información referenciada geográficamente.

Los SIG son softwares compuestos por varios módulos dedicados al almacenamiento y procesamiento de datos con localización geográfica conocida (geo-procesamiento) que posibilita el análisis de patrones, integración y modelos espaciales, monitoreo, simulación de precisiones y presentación de gran cantidad de información en forma de mapas, gráficos, figuras y sistemas multimedia. No hay consenso sobre la definición de un SIG, pero es reconocida su importancia en la organización e integración espacial de informaciones de diferentes naturalezas, tornando posible relacionar con gran practicidad y relativa precisión una inmensa cantidad de datos, realizar cambios de escala y de proyección cartográfica, y relacionar bases de datos multidisciplinarios, lo

cual facilita la solución de problemas reales y concretos, así como la gestión adecuada del espacio geográfico (Landau, 2003, citado por IICA, 2014).

Los componentes clave de un Sistema de Información Geográfico son: Sistema de Computación, Datos Geoespaciales y el Usuario (Mostajo, 2009).

2.8.2.1. Importancia y Utilidad del SIG

Achuy (2006), hace referencia a la importancia actual, refiriendo que los sistemas han demostrado ser una eficiente herramienta por lo que actualmente su aplicación es muy amplia abarcando diversas áreas tales como: estudios medioambientales, cobertura vegetal, agricultura, manejo de cuencas, demográficos, de ordenamiento y reordenamiento territorial, prospección y explotación de minas, manejo de servicios públicos, marketing y distribución, además, como herramienta para la elaboración de planes de contingencia, consulta

Mientras otros Sistemas de Información (como por ejemplo puede ser el de un banco) contienen solo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, etc.), las bases de datos de un SIG han de contener además la delimitación espacial de cada uno de los datos.

Esta capacidad de asociación de bases de datos temáticos junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre los mismos (topología) es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

2.8.2.2. Las Funciones de un SIG

Behm (2005) indica que las funciones de un SIG se refieren a la Organización, Captura, Almacenamiento, Consulta y Análisis de la data. Asimismo, respecto al uso y compartir la misma, el Despliegue de la data y salida de la data. Cualquier Sistema de Información Geográfica debe ser capaz de realizar estas operaciones fundamentales para que resulte útil en la búsqueda de soluciones a problemas reales.

2.8.3. Base de Datos

Base de datos, se refiere a cualquier conjunto de datos organizados para su almacenamiento en la memoria de un ordenador o computadora, diseñado para facilitar

su mantenimiento y acceso de una forma estándar. La información se organiza en campos y registros. Un campo se refiere a un tipo o atributo de información, y un registro, a toda la información sobre un individuo (Achuy, 2006).

Según IICA (2014), Una de las principales ventajas de los SIG es poder integrar datos de diversas áreas de conocimiento con diferentes niveles de detalle, lo que permite un enfoque holístico o multidisciplinario en el estudio del área geográfica de interés. Para que esto sea posible, es necesario que toda la información esté organizada en capas o coberturas de información (layers), cada capa representada por un conjunto de archivos digitales diferentes, pero cubriendo todas las capas la misma área geográfica y considerando, preferencialmente, el mismo sistema de proyección cartográfica. Los mapas constituyen representaciones cartográficas simplificadas de la realidad. Los mapas sobre un determinado tema o aspecto de la realidad son denominados mapas temáticos. En los sistemas de información geográfica, los mapas temáticos pueden estar representados por archivos en formato vectorial (vector files) o matricial (raster files o raster datasets).

Actualmente se utiliza el acrónimo GDB refiriéndose en el medio SIG, a una Geo Data Base (o Base de Datos Geográfica) la cual en este tiempo es completamente digital y en una determinada plataforma, como, por ejemplo: *Gis*, que es la más usada.

2.8.4. Georreferenciación

Se entiende que una información está georreferenciada cuando se conocen las coordenadas geográficas, latitud y longitud, de un punto (o un conjunto de puntos) del espacio terrestre vinculados a esa información. En algunos casos, también es necesaria la altura y la época (FCEIA, 2019).

Mostajo (2009) indica que la Georeferenciación es la asignación de valores numéricos a un punto u objeto, referido a parámetros conocidos del Planeta Tierra, como son las líneas: Paralelo del Ecuador y el Meridiano de Greenwich (Coordenadas Geográficas) y su equivalente en un Sistema Plano de Proyección Cartográfico: “Y” y “X”, además de mostrar su altitud “Z” referida al Geoide y/o Esferoide o Elipsoide.

2.8.5. Imágenes Satelitales

Según Deutsches (2003) citado por Choquecallo (2014), el procesamiento digital de imágenes se efectúa a través del Sistema de Información Geográfico (SIG); que consiste en un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de investigación, planificación y gestión.

Resulta particularmente útil efectuar análisis multivariados superponiendo distintos tipos de cartas e imágenes. En la actualidad, los satélites aportan gran cantidad de información mediante sensores que captan distintas bandas del espectro electromagnético que pueden combinarse y procesarse digitalmente, (Sotelo, 2003).

Sotelo (2003), también hace referencia al grado de avance de la investigación, la cual ha permitido a la fecha encontrar cierta correlación entre distintos tipos de suelo con la geomorfología y la vegetación, tema que seguirá en estudio mediante análisis multivariable empleando Sistemas de Información Geográfica.

2.8.5.1. Teledetección

Se llama percepción remota o teledetección espacial a una serie de procesos que permiten obtener información sobre las propiedades físicas de los objetos, los fenómenos geológicos, los recursos naturales y las actividades antrópicas en base a mediciones y observaciones realizadas desde cierta distancia, es decir, sin estar en contacto con ellos (Soria y Matar de Saavis, 2016).

Generalmente, los métodos de la extracción de información a partir de imágenes de satélite se subdividen en dos grupos:

- 1 – Extracción de información basada en el análisis o interpretación de los datos suministrados por los satélites.
- 2 – Extracción de información basada en el tratamiento automático o semiautomático por parte del ordenador.

En una imagen de satélite (también en fotografías aéreas) se ven varios objetos de diferentes tamaños y formas, algunos de ellos se identifican correctamente mientras que otros no, dependiendo de las percepciones individuales y de la experiencia del intérprete. Cuando podemos identificar lo que vemos en imágenes de satélite y fotografías aéreas, y comunicar esa información a otros estamos realizando fotointerpretación: los datos en bruto de las imágenes y fotografías cuando son tratados por un cerebro humano se convierten en información. Por lo tanto, el intérprete se puede encontrar con dos situaciones:

1 – Reconocimiento directo y espontáneo de un objeto o fenómeno (porque es conocido por el intérprete).

2 – Utilización de un proceso de razonamiento en el que se utiliza el conocimiento profesional y la experiencia para identificar un objeto. En ocasiones este razonamiento no es suficiente para la interpretación correcta, siendo necesario el trabajo de campo.

El intérprete examina cada elemento de la imagen en tres sentidos: separadamente, en relación con otro elemento, y en relación con todo el patrón de la imagen. El éxito de una interpretación visual depende de varios factores:

1 - Experiencia y entrenamiento del intérprete. Es necesario tener poder de observación, imaginación y gran paciencia. Además, es importante que el intérprete posea un conocimiento amplio del fenómeno que se estudia, así como de la región geográfica en donde se esté trabajando.

2 - La naturaleza del fenómeno que se estudia (no es lo mismo estudiar asociaciones vegetales que la búsqueda de minerales o de recursos hídricos).

3- La calidad de la imagen (García-Melendrez, 2007),

La vista zenital (o vista perpendicular desde una determinada altura) hace algunos lugares invisibles, a saber:

a) los cubiertos por otros objetos (por ejemplo, el dosel arbóreo impide ver el sotobosque, el roquedo; esto es especialmente así en lugares de vegetación exuberante, como en las áreas ecuatoriales)

- b) los enmascarados por sombras (lo que, a su vez, depende de las alturas de los objetos y del ángulo de altura del Sol)
- c) los que tengan igual color que el fondo (principio del camuflaje)
- d) los ínfimamente pequeños (depende de la resolución o tamaño de grano de la emulsión de la película ISO, DIN, u otras. (Rodríguez, et al., 2012).

2.8.5.2. Análisis multitemporal

El análisis multitemporal de fotografías aéreas e imágenes satelitales es una herramienta importante para monitorear los cambios en el uso del suelo y de cobertura boscosa a través del tiempo y espacio, dando una visión objetiva en la toma de decisiones en el momento de realizar proyectos sostenibles para conservar los recursos naturales (Muñoz, Rodríguez y Romero, 2009).

Los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios de cobertura entre dos fechas de diferencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio (Trejos 2004, citado por Muñoz, Rodríguez y Romero, 2009)

Las imágenes satelitales o aéreas permiten determinar cambios de cobertura, como desde la estimación de pérdida de suelo, hasta los cambios que sufren las coberturas vegetales como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico. Diferentes países en el mundo utilizan las imágenes para realizar análisis Multitemporales.

Los requerimientos que deben cumplir las imágenes son los siguientes:

- Fecha de toma. para este tipo de análisis resulta más conveniente, emplear tomas de imágenes capturadas en la misma época del año, preferiblemente en tiempo seco, para garantizar la correspondencia de los datos.
- Inclusión de las 6 bandas del espectro electromagnético (Azul, rojo verde, dos del infrarrojo cercano y una banda del medio).
- La presencia de imágenes no debe superar el 20% del cubrimiento de la imagen (nubes, cobertura vegetal, etc).
- Disponibilidad de los metadatos de cada imagen.

Uno de los aportes más destacados de la teledetección espacial al estudio de cobertura vegetal es su capacidad para seguir procesos que involucran cambios ya sean debidos al ciclo estacional de las cubiertas, a catástrofes naturales o a alteraciones de tipo humano. Gracias al hecho de tratarse de información adquirida por un sensor situado en una órbita estable y repetitiva. En este tipo de estudio se evalúan los cambios que sufren las coberturas vegetales y en este caso ganancia o pérdida de área de la ciénaga como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico.

La mayor parte de los casos, la detección de cambios, se realiza comparando pixel a pixel, los niveles digitales de las distintas imágenes. Lo que involucra que ambas imágenes deben llenar requisitos de ajustes tales como georreferenciación, ortorectificación, etc; lo que permiten realizar el estudio y facilita una comparación objetiva. Este tipo de análisis en los cambios en los usos del suelo, aportan información importante para la planificación, gestión territorial entre otros y la evaluación del impacto ambiental en determinadas zonas (Fonseca y Gómez, 2001).

2.8.6. Sistema de Información Geográfica, uso agrícola y suelo

En la actualidad los SIG son de gran utilidad en la gestión del medio ambiente y la planificación territorial, porque facilitan las herramientas necesarias para lograr la conjunción de diferentes variables ambientales del territorio, desarrollando estudios de análisis espacial (Cappelletti, 2011).

La aplicación de técnicas de geo procesamiento para el mapeo de la variabilidad espacial de las áreas de producción agrícola representa una herramienta potente para el gerenciamiento de los sistemas de producción, ya que contribuyen a la toma de decisiones para la intervención futura en áreas de baja productividad (como por ejemplo elegir el cultivo que se adapte más, mejorar las condiciones físicas del suelo para reducir su compactación, recomendar determinadas dosis de aplicación de fertiliza (IICA, 2014).

Georreferenciamiento de parámetros de suelo y planta: Con la disponibilidad del uso del GPS a partir de la década de 1990, se inició una revolución en el manejo de la producción agrícola, comparando la eficiencia del uso de los insumos en las prácticas

de manejo por el rendimiento promedio con el manejo por ambiente (sitio específico). De esta manera, se proponen diversas técnicas donde se realizan intervenciones en la agricultura, basadas en el georreferenciamiento de las propiedades físico-químicas del suelo, de la nutrición de la planta y de ataques de plagas y enfermedades (IICA, 2014).

El valor principal del SIG es su gran versatilidad y bajo costo al momento de almacenar información la cual es procesada y adquirida ya sea por vía de teledetección. A través de la detección, el registro y el análisis del flujo de energía radiante reflejado o emitido por ellos, las técnicas de teledetección permiten la diferenciación de propiedades de los objetivos naturales, posibilitando la identificación de características ambientales como: propiedades del suelo, morfología del terreno, patrones de cobertura vegetal y uso del suelo, etc. A través de los satélites se produce una adquisición continua de datos para todo el mundo, que cubre una misma área periódicamente, en intervalos de tiempo que varían de horas a semanas. Fotografías aéreas, imágenes satelitales e imágenes de radar son productos obtenidos a través de la adquisición remota (IICA, 2014).

Otra forma de adquirir información, revisando las investigaciones de Rodríguez, Carbonel y Grau (2010), es la de procesar información obtenida directamente de análisis de suelos en grandes extensiones, cuyos datos procesados, proporcionan como resultados mapas para ser evaluados, de manera práctica y más fácil de comprender, como en el caso de estudios de suelos determinados elementos o con una determinada particularidad.

Según Legros (2006), citado por Figueredo (2017), uno de los pasos en la construcción de un mapa de suelos bajo el “método convencional”, es la definición de unidades de mapeo, mediante la fotointerpretación bajo el modelo mental de la relación suelo-paisaje que se supone que implica un cierto grado de subjetividad y así mismo, es un enfoque puramente cualitativo (Vargas, 2009, citado por Figueredo, 2017).

Así mismo, el autor señala que, para la metodología aplicada, es necesario conocer el área de estudio con sus diferentes regiones (en el caso de Bolivia: Andina, Valles y Llanos), temperatura, precipitación, fisiografía predominante, altitud evidencias de erosión, ecorregiones, biodiversidad, y toda la información que se requiera para los análisis correspondientes.

Para un análisis de suelos con “método convencional” se requerían muestras de suelo y la aplicación de un método (como, Random Forest) que tengan la capacidad de un buen modelado de alta dimensión, manejo de predictores categóricos y continuos, resistencia al sobreajuste, relativa robustez, todo esto, según los datos disponibles y los objetivos, siendo la Topografía la principal covariable en el caso del suelo y elementos del mismo a analizar.

En Bolivia se han venido realizando estudios de suelo desde la década de los años 60 y 70 a través de Estudios semi-detallados de Suelos en áreas de colonización: luego en la década de los años 80 se desarrollaron estudios de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra (CUMAT), llevados a cabo por el Estado Central y proyectos específicos como el ERTS2, respectivamente. Posteriormente, se desarrollaron estudios de Ordenamiento Territorial, donde, a partir de los componentes Uso del Suelo y Zonificación Agroecológica, se realizaron muchos estudios de suelo a nivel departamental y municipal. Simultáneamente se han venido realizando estudios de suelo con respecto a evaluaciones de aptitud de uso de la tierra a escalas más detalladas y en áreas potencialmente productivas, los casos más relevantes en el departamento de Santa Cruz. Como conclusión a este diagnóstico, se sabe que existe mucha información de suelos, pero esta información está perdida, oculta y en la mayoría de los casos en bibliotecas particulares. Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con un sistema de información de suelos por lo que los datos se encuentran dispersos y fragmentados (Figueredo, 2017).

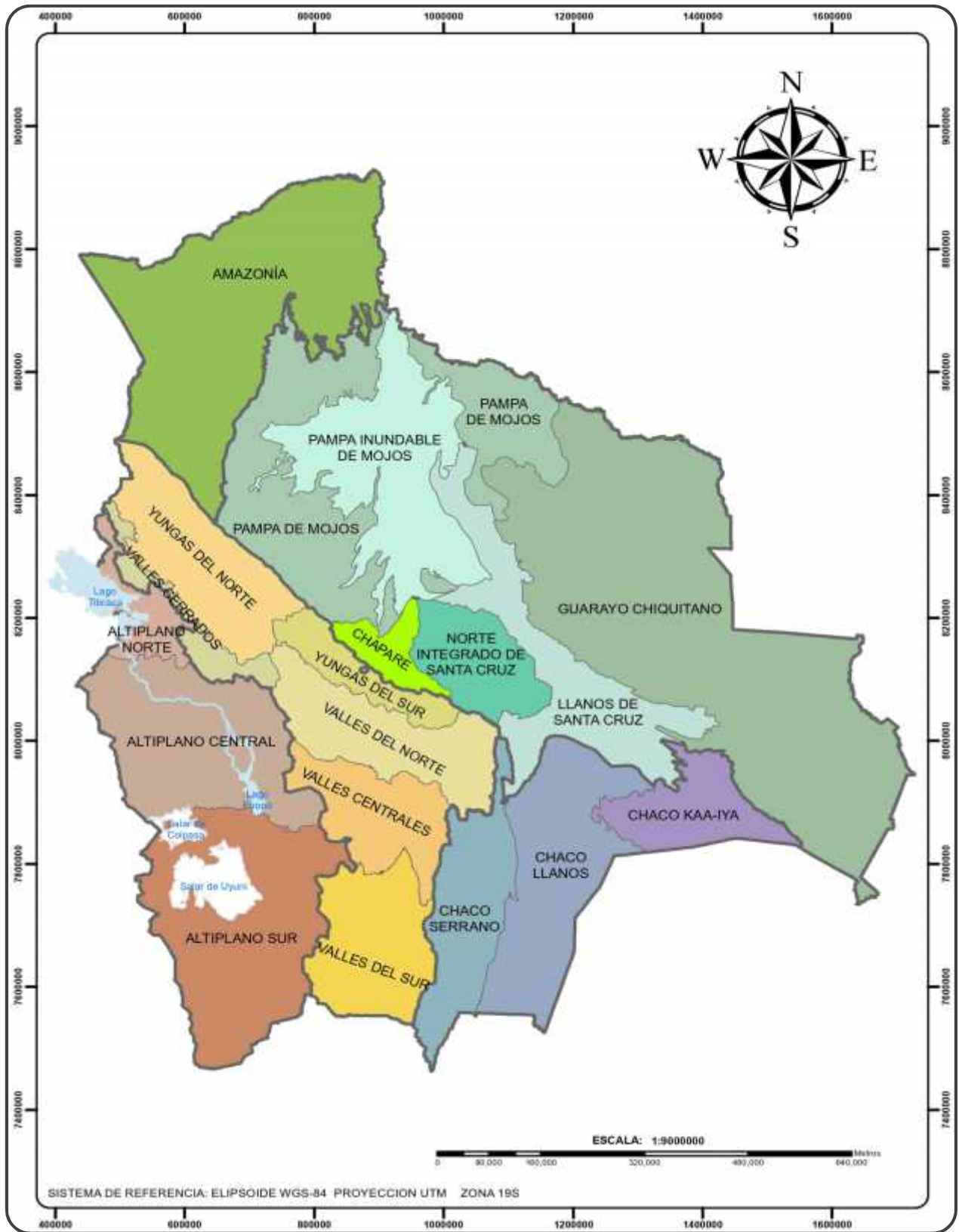
2.9. Regiones agroecológicas de Bolivia

Según FAO (2021), una zona agroecológica es una unidad cartográfica de recursos de tierras, definida en términos de clima, fisiografía y suelos, y/o cubierta de tierra, y que tiene un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras.

Bolivia, presenta una gran variedad de regiones agroecológicas debido particularmente a la influencia de la Cordillera de los Andes. Estos son: Altiplano (o Puna Andina), Valles interandinos, Llanos orientales, Amazonía y Chaco. Estos a su vez se dividen en diferentes zonas. En el caso del Altiplano, tomando en cuenta características climáticas, la vegetación, suelos, etc; se divide en Altiplano Norte, Central y Sur.

De acuerdo a MDRyT (2012), las zonas agroecológicas son ecosistemas que enfocados en el ámbito agropecuario y de desarrollo rural son consideradas zonas agroproductivas debido a las características particulares de cada zona o región respecto al clima, suelo, vegetación y particularidades de trabajo que se realiza en las mismas.

Las áreas mencionadas como agroecológicas, se muestran en el Mapa 1.



FUENTE: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierra (MDRyT, 2012) □

MAPA 1. Zonas agroecológicas (agroproduktivas) de Bolivia.

2.9.1. Altiplano Norte

El Altiplano norte es la zona llana comprendida entre el lago Titicaca y el lago Poopó. Limita al norte y al oeste con Perú, al sur con la ciudad de La Paz y la provincia Aroma (La Paz) y al este con la cordillera Real. Abarca las provincias paceñas de Ingavi (2º sección), Los Andes, Omasuyos, Manco Kapac y Camacho.

La producción es netamente primaria sin acceder a los procesos de transformación.

Se divide en tres zonas: Zona circunlacustre, es la que presenta más ventajas comparativas para la actividad agropecuaria. Por esta razón, los mejores índices productivos se encuentran en ésta; como consecuencia también se tiene una mayor parcelación de la tierra y una mayor presión sobre su uso.

La Pampa andina, que posee mayor superficie cultivable y de pastos, por ende, se encuentra en ella más cantidad de ganado. La densidad poblacional es mayor en esta zona. Por otra parte, la agricultura permanente y el pastoreo descontrolado, han alterado y degradado los suelos.

Por último, la Zona cordillerana, esta zona del Altiplano tiene las características de puna alto andina, es menos poblada, por lo tanto, presenta una menor presión por el uso de la tierra.

Todas las especies vegetales presentan una alta adaptación a condiciones ambientales extremas. Estas vastas extensiones latitudinales no son aptas para el cultivo por la adversidad del clima y solo presentan aptitud para la ganadería camélida, la vida silvestre y cosecha de agua.

Los suelos del Altiplano norte son de formación aluvial y sedimentaria. Presentan una textura franca a franco limosa, franco-arcillosa con buena permeabilidad, a excepción de algunas áreas consideradas bofedales, donde no existe actividad agrícola. (MDRyT, 2012).

2.9.2. Altiplano Central

Abarca la parte sur del departamento de La Paz y norte del departamento de Oruro (casi en su integridad). La producción agrícola es de baja rentabilidad asociada a los

cultivos andinos y cereales adaptados. La población ganadera para producción es de mayor magnitud cuantitativa y cualitativa que la agrícola. La población de bovinos es esencialmente criolla de triple propósito: trabajo, carne y leche. También son importantes los camélidos y los porcinos. Se diferencian tres zonas: la zona occidental, zona del Desaguadero y zona oriental (Cardozo, 1970; Salas et al, 1965, citado por MDRyT, 2012).

a. La zona occidental. Se extiende paralelamente a la cordillera Occidental desde la población de Santiago de Machaca hasta Negrillos y Sabaya, denominada subzona Sajama-Charaña. Se caracteriza por alturas que alcanzan los 4.500 msnm. Existen amplios bofedales que sustentan a las alpacas (82.6% de la población total de camélidos). De Sajama hacia el sur, paralela hacia la cordillera Occidental hasta Macaya (punto de ingreso del río Lauca a Bolivia), existe una zona de suelos arenosos. La presencia del río Lauca determina un cambio de ambiente hacia el sur. Al norte se observa que los faldíos del contrafuerte de Machaca, a cuyos pies descansa la población Jesús de Machaca, hasta el lindero con el Perú, encierran una zona de potencial lechero. Actualmente hay tendencia a incrementar la actividad bovina lechera y la cría de ovejas de carne, porque esta subzona se constituye en un área rica en pastizales y tholares altos.

b. La zona del Desaguadero. Caracterizada por la influencia del río Desaguadero que une el lago Titicaca y el lago Poopó. El río Desaguadero recorre 320 km de noroeste a sudeste por las provincias Ingavi y Pacajes de La Paz y las de Carangas y Sajama de Oruro. Parcialmente ocupa las provincias de Ingavi y Aroma de La Paz, Poopó, Saucarí, Cercado y Avaroa del departamento de Oruro. La actividad pecuaria se basa en la producción de ovinos, llamas y bovinos. Las subzonas más importantes son:

b.1 La subzona Toledo. Principal subzona, comprende la parte central de la zona del Desaguadero, desde el puerto pluvial de Callapa que continúa por el río Desaguadero, río Lackajahuira, río Lauca, Huachacalla. Limita con la subzona de Toledo, Chuqui Chambi, hasta el cuerpo de Callapa. Es una planicie sobre los 3.500 msnm de origen fluvio lacustre. Las ovejas constituyen un gran porcentaje de la población ganadera y las llamas en menor medida. b.2 La subzona serranías. Comprende todas las tierras de

las serranías de Sonecapa y Sancare y la serranía de Turco-Cosapa. Las primeras son de clima más benigno donde existen cultivos de papa, cebada, quinua y hortalizas; asimismo, la producción pecuaria se basa en la crianza de llamas, alpacas y ovejas.

b.3 La subzona Turco. Comprende la hoya del río Turco, desde Curahuara de Carangas hasta Huachacalla, estos suelos son arenosos, limosos, poco profundos, muy erosionados. Las alpacas y llamas constituyen la principal actividad pecuaria, las ovejas le siguen en importancia a pesar de ser un ambiente forrajero pobre.

b.4 La subzona de Cosapa. Zona de transición entre las subzonas de Turco y Sajama. Comprende la hoya del río Cosapa hasta Huachacalla los suelos son arenosos. En esta zona ya no se observan tholares, en cambio las pajas dominan la formación. Se empieza a observar la presencia de arenas volcánicas hacia el norte. La influencia del río Cosapa muestra la formación de bofedales poco drenados. En los bofedales pastorean las alpacas y en los tholares y pajonales las llamas.

b.5 La sub zona de Machaca. Zona bordeada por la serranía de Machaca desde el nacimiento del río Desaguadero. Comprende parte de la provincia Ingavi y las zonas aledañas a Jesús de Machaca, Caquiaviri, San Andrés de Machaca y Santiago de Machaca. Son ahijaderos bien cubiertos con manto vegetal. La humedad de los suelos es alta, son suelos limosos, con baja cantidad de materia orgánica. La población ganadera es mucho mayor en llamas que alpacas.

b.6 La subzona de Pacajes. Se caracteriza por una mayor humedad ambiental y abarca el 85% de la provincia Pacajes. Se extiende aproximadamente desde Callapa, región Curahuara de Carangas línea a Charaña, Berenguela, Santiago de Machaca, Caquiaviri hasta el puente pluvial de Callapa. Surcado de norte a sur por pequeñas serranías, al pie de los cuales se encuentra el pueblo de Caquiaviri. Los suelos se consideran como una transición de los suelos del Altiplano norte a los suelos de Turco, Cosapa y Toledo. La topografía es generalmente plana en su parte central, con suaves ondulaciones del terreno y una altura variable de 3.820 msnm. Hidrográficamente esta subzona pertenece a la cuenca cerrada o del Altiplano. Está surcada de norte a sudeste por el río Desaguadero.

c. Zona oriental. Comprende parte de las provincias Ingavi y Aroma del departamento de La Paz y parte de las provincias Cercado, Dalence, Poopó (Pazña), Avaroa (Challapata) del departamento de Oruro. Los sistemas de esta zona consideran Viacha, Jesús de Machaca, Caquingora, Eucaliptos, Challapata, Ayo-Ayo, Calamarca, Quechisla, Puna y Colquiri. Esta zona está influenciada por las cordilleras del este y se prolonga hasta el sur del país, esta cadena tiene aptitud agrícola y ganadera. La producción de leche tiene grandes perspectivas, principalmente en el área de Collana (Aroma), Huancaroma (Eucaliptos), la Joya (Cercado), el triángulo Cayhuasi - Paria - Vinto - Machacamarca y Challapata, donde el cultivo de alfalfa y otras forrajeras se han adaptado óptimamente, manifestando buena productividad.

Los suelos de esta zona son de origen coluvial, generalmente franco arenosos o franco-arcillosos con presencia de grava y piedras pobres en materia orgánica, superficiales con buen drenaje natural.

La ganadería de mayor importancia es la de los bovinos, ovinos, equinos, llamas y alpacas.

Los suelos del Altiplano central son suelos aluviales y sedimentarios, con textura arenosa y franco arenosa, rara vez franco-limo-arcillosa. La profundidad es variable, por lo que son relativamente permeables, fundamentalmente porque en sus perfiles presentan capas de arcilla y arena gravosa haciéndoles suelos superficiales (MDRyT, 2012)

2.9.3. Altiplano Sur

Al sur del lago Poopó comienza una región diferente de la descrita anteriormente y caracterizada por la presencia de grandes salares y pampas desérticas formadas por arcilla, arena y grava. El Altiplano sur termina frente a las serranías que se forman cuando la cordillera Occidental se junta con la Oriental.

Al norte se inicia en la zona de transición de las provincias de Sevaruyo (al oriente) y Pisiga (al occidente), finaliza al extremo sur en el límite geográfico con Argentina. Un límite natural hacia el norte lo constituye el río Lacajahuira, que une el lago Poopó y el salar de Coipasa. En el Altiplano sur, los suelos en su mayor parte son de formación

volcánica y textura arenosa a franco-areno-gravosa con estructura débil, predominan suelos alcalinos. El contenido de potasio es regular, en cambio el sodio es alto en la zona superficial y el subsuelo, por lo que su contenido de calcio y magnesio es deficiente.

Esta zona no tiene casi ninguna aptitud agrícola, excepto algunas partes para ganadería nativa. Pero se caracteriza por su potencial geotérmico, la avifauna (*fauna exclusivamente avícola*) y la fauna silvestre.

Como alternativa tecnológica para contrarrestar este fenómeno, se efectuó la identificación y purificación de variedades locales de quinua. La producción agrícola se realiza en pequeñas zonas privilegiadas por la influencia de ríos donde se producen haba, quinua, papa, cebada en berza para la ganadería. La producción de quinua es la base de la alimentación y de la economía de los pobladores. El valor genético de la ganadería camélida (particularmente la llama) es muy grande y su sistema de explotación es extensivo.

El Altiplano Sur contempla las siguientes subzonas:

a. Estribaciones de los Andes orientales. Comprende las faldas occidentales de la cordillera de Los Frailes, serranías de las cordilleras de Chichas, San Vicente, Chocaya y los Lípez. Políticamente abarca la parte occidental de la provincia Antonio Quijarro, parte oriental de las provincias Nor Lípez y Sur Lípez.

b. Cuenca central.

- Salares del norte. Comprende la serranía intersalar, serranías de Coroma, serranías de Colcha K, políticamente abarca la provincia Ladislao Cabrera, parte oriental de la provincia Daniel Campos, parte de la provincia Nor Lípez.

- Serranías del sur. Comprende las serranías de Lutema y Soniquera. Políticamente abarca la parte sur de la provincia Nor Lípez, la provincia Enrique Baldivieso y la parte central de la provincia Sur Lípez.

c. Estribaciones de la cordillera Occidental. Abarca los conos volcánicos de la cordillera Occidental, limítrofes con Chile. Políticamente cubre la parte occidental de las provincias Daniel Campos, Nor LÍpez y Sur LÍpez.

d. Extremo sur árido. Comprende la parte sur de la cordillera de los LÍpez y cordillera Occidental. Políticamente abarca la parte sur de la provincia Sur LÍpez. Esta zona es una de las más desvinculadas del territorio nacional. Las carreteras existentes se hallan en estado precario, incluso las vías interdepartamentales se tornan intransitables en época de lluvias. También se cuenta con la red ferroviaria que conecta con los países vecinos de Chile y Argentina (MDRyT, 2012)

III. SECCIÓN DIAGNÓSTICA

3.1. Materiales y Métodos

3.1.1. Localización y Ubicación

Los valores de Carbono Orgánico del Suelo serán obtenidos mediante los datos registrados de las tesis realizadas en la región Andina de Bolivia, como se mencionó previamente, esta abarca el 28% del territorio nacional a más de 3.000 msnm, ubicada entre los dos grandes ramales andinos: las cordilleras Occidental y Oriental o Real, denominada Altiplano o Puna andina.

El Altiplano boliviano ubicado entre las latitudes 14° 29' y 22°50' Oeste; longitudes 68° 07' y 68° 30 'Sur, se divide en 3 zonas: Altiplano Norte, ubicado en los alrededores del Lago Titicaca, influenciado por el mismo y por los glaciares de la cordillera Oriental. Es la zona más húmeda del altiplano. Se encuentra a una altitud entre 3800 a 4600 msnm.

El Altiplano Central, está ubicado en la parte sur del departamento de La Paz y norte de Oruro. Esta influenciado por el río Desaguadero, en su mayor parte es plana. Sus altitudes varían de 3730 a 3950 msnm.

El Altiplano Sur, se encuentra en la parte central y sur del Departamento de Potosí. En esta parte se encuentran los salares. El clima es el más adverso de la región. Las alturas varían de 3.665 y 5.000 msnm.

3.1.2. Características del lugar

3.1.2.1. Clima

El altiplano es una planicie de más de 3600 m de altura, hay baja presión atmosférica y, por lo tanto, menos concentración de oxígeno. Su clima es de muy frío, seco y tiene grandes amplitudes térmicas diarias. Esto significa que la mayoría de las noches (inclusive en verano) puede presentar heladas, pero en contraste, en horas del mediodía presenta elevación de la temperatura por la radiación solar.

En el Altiplano Norte, la presencia del lago Titicaca y de la cuenca del mismo determina una variación en la humedad y la temperatura de la zona, siendo más húmeda en el norte y el oeste que en el sur y este. Las altitudes en esta parte varían entre 3800 y 4600 msnm.

Los suelos son húmedos y ricos en materia orgánica, en algunos municipios existen bofedales que son aprovechados para la cría de alpacas por la asociación que hay entre esta especie y el suelo húmedo. En la parte sur del área circundante al lago Titicaca, los suelos son más pesados por su origen lacustre-aluvial. En las faldas de la cordillera, los suelos varían de textura mediana a liviana. Al sudeste del lago son pedregosos y de textura más liviana. En algunas áreas presentan efloraciones salinas visibles especialmente en la estación de invierno (Gandarillas, Rojas et ál., 2013, citado por IICA, 2015). Al ser un altiplano

En el Altiplano Central el clima no es tan húmedo como en el Norte, pero recibe influencia de las cordilleras occidental y oriental y en la parte central por el río Desaguadero, el cual, aporta humedad, pero al mismo tiempo genera salinidad en los suelos de las regiones aledañas. Los suelos donde predomina la thola son ligeramente ácidos, mientras que donde predominan las gramíneas son salinos o alcalinos, dependiendo del contenido de sales y la composición química de estos. La textura

mayormente es mediana y pedregosa, aunque también son frecuentes los suelos arenosos, que cubren extensiones considerables y donde la vegetación está constituida por la paja brava (Gandarillas, Rojas et ál., 2013, citado por IICA, 2015).

En el Altiplano Sur, que es la zona más seca en comparación a las otras zonas, en la cual, la presencia de lluvia es mucho menor que las otras regiones. Las temperaturas son aún más extremas comparando rangos máximos y mínimos, debido a la falta de humedad y a la cobertura vegetal escasa o nula. En ella se encuentran los salares de Uyuni y Coipasa. Los suelos son arenosos, donde la vegetación predominante es la thola. En algunas áreas, la erosión eólica está empezando a formar dunas. En este tipo de suelo y por la poca precipitación, el crecimiento de las gramíneas para pastoreo es escaso. El sector sur y el occidente del altiplano sur son más áridos y los pastos consecuentemente son pobres, excepto a lo largo de los ríos o terrenos mal drenados, donde la cría de alpaca es significativa, como también el cultivo que se ha adaptado a las condiciones climáticas, es la quinua, cuya producción es la más importante de la región.

3.1.2.2. Temperatura

La temperatura media anual en el Altiplano Norte, más baja que en el resto del altiplano, 7 °C, esto se atribuye al efecto de la nubosidad y la influencia del lago y de las montañas nevadas que flanquean el altiplano norte. La temperatura máxima media es de 14.2° C y la mínima media es de 4 °C en los meses de abril a julio.

En el Altiplano Central, la temperatura media anual es de 8.7 °C, la máxima media llega a 17.7° C y la mínima media es de -2 °C con registro en los meses de agosto a noviembre y de -4 °C en los meses de abril a julio. Normalmente se registran más de 200 días con heladas y no existe un mes del año que no tenga por lo menos una helada.

La temperatura media anual en el Altiplano Sur llega a 5.7 °C, durante la estación de cultivo en los meses de diciembre a marzo llega a 11 °C, la temperatura máxima media en el último período agrícola llegó a 18 °C y la mínima media entre los meses de abril y julio llegó a -11 °C (Gandarillas, Rojas et ál, 2013, citado por IICA, 2015).

En las tres regiones del Altiplano el almacenaje de Carbono Orgánico del Suelo es conveniente debido a las temperaturas bajas y registros medios que rara vez sobrepasan los 18 °C.

3.1.2.3. Precipitación pluvial

En el Altiplano Norte la estación lluviosa se extiende de septiembre a marzo con una precipitación promedio de 500 mm anuales. Sin embargo, en la última década, el inicio del período de lluvias ocurre en noviembre o diciembre, consecuentemente, las siembras de quinua y papa se ven retrasadas. Varios autores (Arana, García et ál., 2007; Saavedra y García, s.a.; Andersen y Mamani, 2009; Thibeault, Seth et al, 2010; Valdivia, Seth et ál., 2013, citados por IICA, 2015) coinciden en señalar que el período de lluvias se acortó y la intensidad de la lluvia se concentra en menor tiempo.

Para el Altiplano Central, la precipitación pluvial es mayor a las otras zonas del Altiplano, posibilitando una actividad agrícola diversificada (papa, haba, cebada, quinua, tarwi) e inclusive horticultura. (MDRyT, 2012). El período de lluvia se extiende de septiembre a marzo y la precipitación promedio anual es de 350 mm La cantidad de lluvia registrada disminuye de norte a sur y de este a oeste. Los años lluviosos son poco frecuentes pero muy favorables para la producción agrícola. En los años secos, que son la mayoría, solamente un cultivo como la quinua puede dar cosecha (IICA, 2015).

En el Altiplano Sur, la época lluviosa empieza recién en diciembre e incluso en enero. La cantidad de lluvia que se registra varía entre 50 y 200 mm (IICA, 2015).

Los regímenes de lluvias son favorables para el almacenaje de COS en la zona del Altiplano Norte y Central, siendo menor en el Sur, esto debido principalmente a el nivel de humedad que se genera en la zona con la precipitación y el desarrollo de mayor cobertura vegetal, la cual, es escasa en el Altiplano Sur.

En la Tabla 1, se muestran los datos en general de las regiones mencionadas anteriormente.

TABLA 1. Datos Generales de las Zonas de estudio

REGIONES	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		ALTITUD (msnm)	T* (°C)	PP* (mm)
		LATITUD SUR	LONGITUD OESTE			
ALTIPLANO NORTE	La Paz	14° 05'	68° 10'	3800	7	500
		16° 50'	71° 05'	4600		
ALTIPLANO CENTRAL	La Paz	16°50'	67°30'	3730	8.7	350
	Oruro	19°00'	69°40'	3950		
ALTIPLANO SUR	Oruro	19°10'	68°50'	3665	5.7	250
	Potosí	22°50'	68°30'	5000		

FUENTE: IICA, 2015. TMA = Temperatura (*Media Anual); PP= Precipitación (*Media Anual)

3.1.2.4. Características Ecológicas

3.1.2.4.1. Flora en el Altiplano norte

Área Cordillerana: Corresponde a las altas montañas de las cordilleras cubiertas de una vegetación pobre, en la que predominan las gramíneas xerofíticas y dicotiledóneas rastreras. Los árboles son excepcionales y solamente están representados por algunas especies, en sectores con características de mejor humedad y textura arenosa, como Queñua (*Polylepis incana* K.) y Kiswara (*Buddleja coriácea* R.), los cuales son endémicos. En las pasturas nativas sobresalen especies como del Werneria, Nototriche y Pycnophyllum que se desarrollan de manera rastrera. Todos los vegetales presentan una alta adaptación a condiciones ambientales extremas. Existen algunas áreas, en la parte norte, consideradas bofedales, donde no existe actividad agrícola pero son prioritariamente utilizadas para pastoreo camélido, cuyas especies vegetales predominantes son Hidrófilas.

Circunlacustre: En la parte agrícola se destacan los cultivos de la papa, maíz de altura, haba, tarwi, trigo pelado, cebada grano, quinua, cañahua y pastos forrajeros en menor escala. Las especies nativas

Puna andina: posee mayor superficie cultivable y de pastos, tanto nativos como introducidos (MDRyT, 2012). La vegetación predominante es de la propia de la pradera

nativa: *Stipa* (*Stipa* sp.), Yareta (*Azorella compacta* P.), Ñacat'ola (*Baccharis tola* subsp. *tolá* P.) Añahuaya (*Adesmia spinosissima* M.), Garbancillo (*Astragalus cryptanthus* W.) entre las más conocidas; arbustivas, Thola (*Baccharis dracunculifolia*) o Ch'ilka (*Baccharis* sp.)

3.1.2.4.2. Flora en el Altiplano Central

La zona occidental, donde existen en ciertos lugares amplios bofedales con especies hidrófilas. En el sector de Jesús de Machaca, constituye en un área rica en pastizales. La thola característica del Altiplano en general, alcanza en este hábitat (localidades de Calacoto, Chacarilla y Rosapata) un metro de altura, mientras en la zona oriental no pasa de 50 cm.

La zona del Desaguadero, subzona Tolar: La vegetación es de un ahijadero muy degradado, con presencia de cauchi (*Suaeda foliosa*), hacia el norte se observa más riqueza en gramíneas y hacia el sur mayor abundancia en tholares y pajonales. Subzona Turco, los tholares y pajas son la base de la vegetación. Existen variedades de thola (*Parastrephia* sp, *Brachiaria* sp), de pajonales (*Stipa* sp.). Es un ambiente forrajero pobre. Subzona Cosapa, por influencia del río Cosapa, bofedales muy poco drenados, poblado con las especies: toja (*Agropyrum* sp), crespillo (*Aciachne pulvinata*), orkochiji (*Distichlis humilis*), llapa (*Aristida humilis*). Marginalmente en los bofedales se encuentran varias especies de thola (*Baccharis* sp y *Parastrephia lepidophylla*), pajas (*Stipa* sp.) y kaillas (*Tetraglochin cristatum*). Subzona Machaca, Son ahijaderos bien cubiertos con manto vegetal, sobresalen las siguientes especies: orkochiji (*Distichlis* sp), cachuchiji (*Muhlenbergia fastigiata*), cola de ratón (*Hordeum andicola*), cebadilla (*Bromus unioloides*), layulayu (*Trifolium amabile*), liwiliwi (*Atriplex cristata*), cauchi (*Suaeda foliosa*), paja brava (*Festuca orthophylla*), ichu (*Stipa ichu*). En las áreas de transición entre los altiplanos norte y del Desaguadero, principalmente en los faldíos occidentales, se observan cultivos de quinua y papa. Subzona Pacajes, La vegetación es arbustiva, combina las vegetaciones de ambas subzonas anteriores. Existen variedades de thola, algunas variedades de paja en los bofedales y ahijaderos.

Zona Oriental, cultivos de alfalfa y otras forrajeras se han adaptado óptimamente, manifestando buena productividad. Los cultivos típicos son cebada (*Hordeum vulgare* L.), papa (*Solanum andigena*), haba (*Vicia faba*), la topografía es montañosa y el tipo de pradera es pajonal, tholar, kaillar (MDRyT, 2012).

3.1.2.4.3. Flora en el Altiplano Sur

Vegetación nativa muy rala y escasa producción agrícola se realiza en pequeñas zonas privilegiadas por la influencia de ríos donde se producen haba, quinua, papa, cebada. La producción de quinua es la base de la alimentación y de la economía de los pobladores (MDRyT, 2012).

El sector sur y el occidente del Altiplano Sur son más áridos y los pastos consecuentemente son pobres, excepto a lo largo de los ríos o terrenos mal drenados, donde la cría de alpaca es significativa, como en los bofedales de la cordillera de Azanaques, donde la vegetación predominante es la thola. (IICA, 2015).

3.1.2.4.4. Fauna silvestre

Las especies silvestres que sobresalen en todo el Altiplano boliviano son, en la parte norte, cerca al lago y en la región cordillerana: Cóndor (*Vultur gryphus* L.), Guallata (*Chloephaga melanoptera* E.), Suri o ñandú (*Rhea americana* sp. D.), Caití (*Recurvirostra andina* P.), Gaviota andina (*Chroicocephalus serranus* T.), Halcón (*Falco femoralis* T.). En todo el altiplano boliviano se pueden encontrar las siguientes especies: Perdíz (*Attagis gaysi simonsi* c. y *Tinamotis pentlandii* V.), Lelkelke (*Vanellus resplendens* T.), Titi (*Leopardus jacobita* C.), Quirquincho (*Chaetophractus nationi* T.), Guanaco (*Lama guanicoide* M.), Puma (*Puma concolor* L.), Vizcacha (*Lagidium* sp. M.), Vicuña (*Vicugna vicugna* M.) Zorro (*Lycalopex cupaeus andinus* T.) entre otras. Especies domésticas: llama (*Lama glama*), alpaca (*Vicugna pacos*), oveja criolla (*Ovies aries*) y burros de carga (*Equus asinus*).

3.1.3. Materiales

3.1.3.1. Materiales De Gabinete

- ✓ Equipo Pc o laptop personal (conectada al servicio de internet)
- ✓ Equipo celular
- ✓ Software Word, Excel y Access (para realizar la tabulación de datos)
- ✓ Impresora.
- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Memorias USB

3.1.3.2. Materiales Bibliográficos

- ✓ Tesis de grado realizadas con análisis de suelos en el Altiplano de las gestiones 2005 a 2020.
- ✓

3.1.4. Metodología

3.1.4.1. Procedimiento de Trabajo

- El procedimiento consistió en la recopilación de datos de las tesis mencionadas en la TABLA 2 entre los meses de diciembre de 2020 a febrero de 2021.

TABLA 2. Tesis en suelos de la Región Andina de Bolivia que fueron valoradas

COD.	TESIS	AÑO	AUTOR	TÍTULO DEL TRABAJO
AN-01	T-1343	2009	Blas Mamani Vargas	CARACTERIZACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU ÍNDICE DE FERTILIDAD Y APTITUD DE USO, EN EL MUNICIPIO DE ANCORAIMES
AN-02	T-1969	2011	Roberto Torrez Huanacu	CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN RELACIÓN A SU APTITUD Y USO ACTUAL DE LA TIERRA EN DOS COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE BATALLAS
AN-03	T-2373	2016	Maldonado Zapana Grover Santiago	DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DE USO DEL SUELO EN LA COMUNIDAD DE KARHUIZA, LA PAZ
AN-04	T-1532	2009	Carlos Eduardo Choque Tarqui	CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO E ÍNDICE DE FERTILIDAD, EN EL MUNICIPIO DE COPACABANA (LA PAZ)
AN-05	T-2456	2016	Yolanda Machaca Illanes	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA EN SUELOS PRODUCTIVOS DE ACUERDO AL USO Y APTITUD AGRÍCOLA DE LOS MUNICIPIOS DE COPACABANA Y HUARINA
AN-06	T-1747	2012	Benjamín Quispe Tinta	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES ECOTIPOS DE PAPALISA (<i>Ullucus tuberosus Caldas.</i>) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA LOCALIDAD DE QUILIMA, PROVINCIA CAMACHO, DEPARTAMENTO DE LA PAZ
AN-07	T-3739	2016	Ximena Pablo Tarqui	CARACTERIZACIÓN FÍSICA - QUÍMICA Y SU ASOCIACIÓN BACTERIANA DE SUELOS EN EL ALTIPLANO NORTE, CENTRO Y SUR EN TRES ÉPOCA DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>)
AC-01	T-2442	2017	Josue Marco Guzmán Santander	CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SUELOS DE LA MICROCUENCA MAMANIRI MUNICIPIO DE AYO AYO PROVINCIA AROMA DEPARTAMENTO LA PAZ
AC-02	T-1740	2011	Aylin Ruth Caballero Mamani	COMPORTAMIENTO DEL NITRÓGENO Y BIOMASA MICROBIANA EN SUELOS CON DIFERENTE MANEJO, EN LA LOCALIDAD DE VILLA PATARANI (Altiplano Central)
AC-03	T-1741	2011	Ruben Edgar Guerra Huanca	ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>) EN ASOCIACIÓN CON TARWI (<i>Lupinus mutabilis</i>) EN LA COMUNIDAD DE PATARANI - PROVINCIA AROMA.
AC-04	T-2514	2018	Tereza Sarzuri Mamani	EVALUAR EL EFECTO DE DISTINTOS NIVELES DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO ENRIQUECIDO EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE LA ZANAHORIA (<i>Daucus carota L.</i>) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA
AC-05	T-2717	2018	Ever Rolando Vargas Curaca	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN LA APTITUD DE RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA
AC-06	T-1572	2011	Pablo Osak Mamani Ramos	EXPORTACIÓN Y BALANCE DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa Willdenow</i>) BAJO DIFERENTES NIVELES DE ABONO EN LA COMUNIDAD DE CALLAPA
AC-07	T-1443	2010	Eliseo Tangara Chiara	EFEECTO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO SOBRE EL CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum L.</i>) EN TRES COMUNIDADES DEL ALTIPLANO CENTRAL DE BOLIVIA
AC-08	T-1621	2011	Juan Sipe Mamani	RELACIÓN CARBONO: NITRÓGENO EN SUELOS DEL ALTIPLANO CENTRAL PRODUCTO DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN EL CULTIVO DE PAPA (<i>Solanum tuberosum L.</i>)
AC-09	T-2212	2016	Rodrigo Yanarico Villegas	CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA EN SUELOS PRODUCTIVOS DE ACUERDO AL USO Y APTITUD AGRÍCOLA EN TRES COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE UMALA – LA PAZ
AC-10	T-2103	2015	Zegarra Silva Yoshimar	EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE LOS SUELOS PARA RIEGO CON BASE EN SU INFILTRABILIDAD Y MÚLTIPLES CRITERIOS EN LA CUENCA BAJA DEL RIO ISQUILLANI, MUNICIPIO DE COSAPA – PROVINCIA SAJAMA, DEPARTAMENTO DE ORURO
AS-01	T-2432	2010	Edwin Castro Ramos	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL DEL CULTIVO DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) EN EL CANTÓN BENGAL VINTO – ORURO
AS-02	T-1460	2010	Efraín Cotjiri Ventura	EVALUACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU FERTILIDAD Y APTITUD PARA RIEGO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CONDO (CUENCA AZANAQUE) DEL DEPARTAMENTO DE ORURO

- **Selección de Tesis de grado de Repositorio:** Se seleccionaron tesis de grado de la Facultad de Agronomía entre los años 2005 a 2020 que contaban con análisis de suelos de calicatas. El acceso a la información fue mediante el REPOSITORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA (<https://repositorio.umsa.bo>).
- **Registro:** En la TABLA 3 se aprecian los factores registrados de las tesis evaluadas. Al no contar con Carbono Orgánico del Suelo en los análisis de suelo, se consideró la información de Materia Orgánica.

TABLA 3. Factores registrados

CLIMÁTICOS Y REGIONALES	SUELO (Físicas y Químicas)
Temperatura media anual (T °C)	Densidad aparente (Dap)
Precipitación promedio anual (PP mm)	Téxtura (%AYL)
Altitud (Alt. msnm)	Materia Orgánica (MO %)
Cobertura Vegetal	Conductividad Eléctrica (CE)
Uso del Suelo	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
Épocas, fechas de toma de muestras.	Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg)

FUENTE: Elaboración propia

- **Metodología de Registro Mixto:** El trabajo de registro fue realizado mediante un método mixto (cuantitativo y cualitativo descriptivo). Hernández et al. (2007), al respecto menciona que este método representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.
- **Revisión y formato de datos:** Es la etapa en la que invirtió más tiempo. Se refiere al proceso de conversión de coordenadas geodésicas a UTM, revisión de Coordenadas y ploteado de prueba, ordenamiento de datos de laboratorio, filtrado, estandarización de unidades, depuración de datos no aportantes y armado de tablas principales.

- **Uso de imágenes satelitales:** Los datos de uso de suelo y cobertura vegetal se corrigieron y completaron utilizando para ello imágenes satelitales de *Maxar de RESOLUCIÓN 0.46 m*, incorporadas en *ArcGis ver. 10.2*, y *Google Earth*, mediante revisión por **Reconocimiento directo**, verificando si los puntos correspondían a la descripción de la cobertura vegetal registrada inicialmente y corroborando, implícitamente, el tipo Uso de Suelo.

El único grupo que se encontró para uso agrícola es el de *barbecho*, considerado un área destinada a cultivo, pero en un período de descanso entre cultivos de uno a más años ligado con la reconstitución de nutrientes (Licona y Estupiñan, 2017).

Para corroborar el tiempo desde la última cosecha, se analizó también por **Reconocimiento directo**, comparando imágenes de diferentes años antes de la toma de muestra utilizando la herramienta de *Imágenes Históricas de Google Earth*, la cual cuenta con un banco de imágenes de buena calidad; por lo tanto, estas no precisan de ajustes para el trabajo realizado.

Se generaron grupos de cobertura vegetal donde los grupos Pecuario y Forestal tendrían similares usos de suelo. Para fines comparativos y prácticos se trabajó directamente con las etiquetas de **Cobertura Vegetal** ya que, debido a la limitación en las descripciones de las muestras, no se pudieron generar mayores agrupaciones en las muestras.

Por lo tanto, los grupos de la variable de Cobertura vegetal y Uso del suelo se detalla en la TABLA 4, según lo recomienda ZONISIG (2001, citado por Maldonado Zapana, 2016).

TABLA 4. Variable Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

USO DE SUELO	COBERTURA VEGETAL	DESCRIPCIÓN
Agrícola	Barbecho	Áreas con características de suelo cultivado en descanso por 1 a 6 años.
Pecuario	Bofedales	Pradera nativa, pero con humedad permanente y especies hidrófilas: toja (<i>Agropyrum sp</i>), crespillo (<i>Aciachne pulvinata</i>), orkochiji (<i>Distichlis humilis</i>), llapa (<i>Aristida humilis</i>). Está diferenciada de la "pastura nativa" por su importancia en el estudio del COS.
Pecuario	Pastura nativa	Especies nativas del altiplano. Entre las principales: thola (<i>Parastrephia lepidophylla</i>), Ch'ilka (<i>Baccharis latifolia</i>), pajas (<i>Stipa sp</i>), kaillas (<i>Tetraglochin cristatum</i>), cola de ratón (<i>Hordeum andicola</i>), cebadilla (<i>Bromus uniolooides</i>), layulayu (<i>Trifolium amabile</i>), paja brava (<i>Festuca orthophylla</i>), ichu (<i>Stipa ichu</i>), etc.
Forestal	Forestales Exóticos	Especies forestales introducidas, que no son originarias del altiplano: Eucalipto (<i>Eucaliptus globulus</i>).
Forestal	Forestales Nativos	Especies forestales regionales, propias del altiplano: qeñua (<i>Polylepis sp.</i>) y kiswara (<i>Buddleja coriácea</i>).

FUENTE: Elaboración propia. **COS** = Carbono Orgánico del Suelo

- **Obtención de Densidad aparente:** Siendo un dato importante el contar con este dato, en los casos en los que no se contaba con la Densidad Aparente se aplicó el software *Soil Water Characteristics*, perteneciente al USDA, el cual lo estimaba con los valores de porcentaje de Arena, Arcilla y Materia Orgánica.
- **Obtención de la fracción de Carbono Orgánico:** La mayor parte de los datos recopilados presentaban datos únicamente de Materia Orgánica (MO), por lo tanto, concentración de carbono orgánico (CO) se estimó a partir de esta mediante el método de Walkley y Black, obteniendo el valor correspondiente por medio del factor de Van Benmelen 1.724, que se dividió entre el porcentaje de materia orgánica, ya que se considera que la MO contiene 58% de Carbono Orgánico, obteniendo el Carbono orgánico (Co). Este valor también se halla multiplicando la MO% por 0.58 (Martínez, Fuentes y Acebedo, 2008)
- **Obtención del Carbono Orgánico del Suelo (COS):** se calculó en base en la siguiente ecuación propuesta por González et al. (2008), tomando en cuenta 20 cm (0.2 m) únicamente del horizonte superficial o 1er horizonte:

$$COS=Co *Dap *Ps$$

Donde:

COS = Contenido de carbono orgánico del suelo (kg/m^2)

Co = Concentración de carbono en el suelo (%)

Dap = Densidad aparente (kg/m^3)

Ps = Profundidad del suelo (m); 20 cm o 0.2 m para el Altiplano.

- **Conversión de Unidades:** Se realizaron las conversiones de unidades pertinentes correspondientes a COS t/ha (Carbono Orgánico del Suelo en toneladas por hectárea), de acuerdo a lo indicado en la TABLA 5.

TABLA 5. Conversiones de unidades usadas

Unidades	Equivalencias
Longitud	1 m = 100 cm
Superficie	1 ha = 10 000 m ²
Masa	1 t = 1 000 kg
	Pg=10 ⁹ t
Densidad	1 g/cm ³ = 1 000 kg/m ³

m = metro; cm= centímetro; g = gramo; kg = kilogramo; ha = hectárea; t = Tonelada; Pg = Petagramo (referencia)

FUENTE: Elaboración propia.

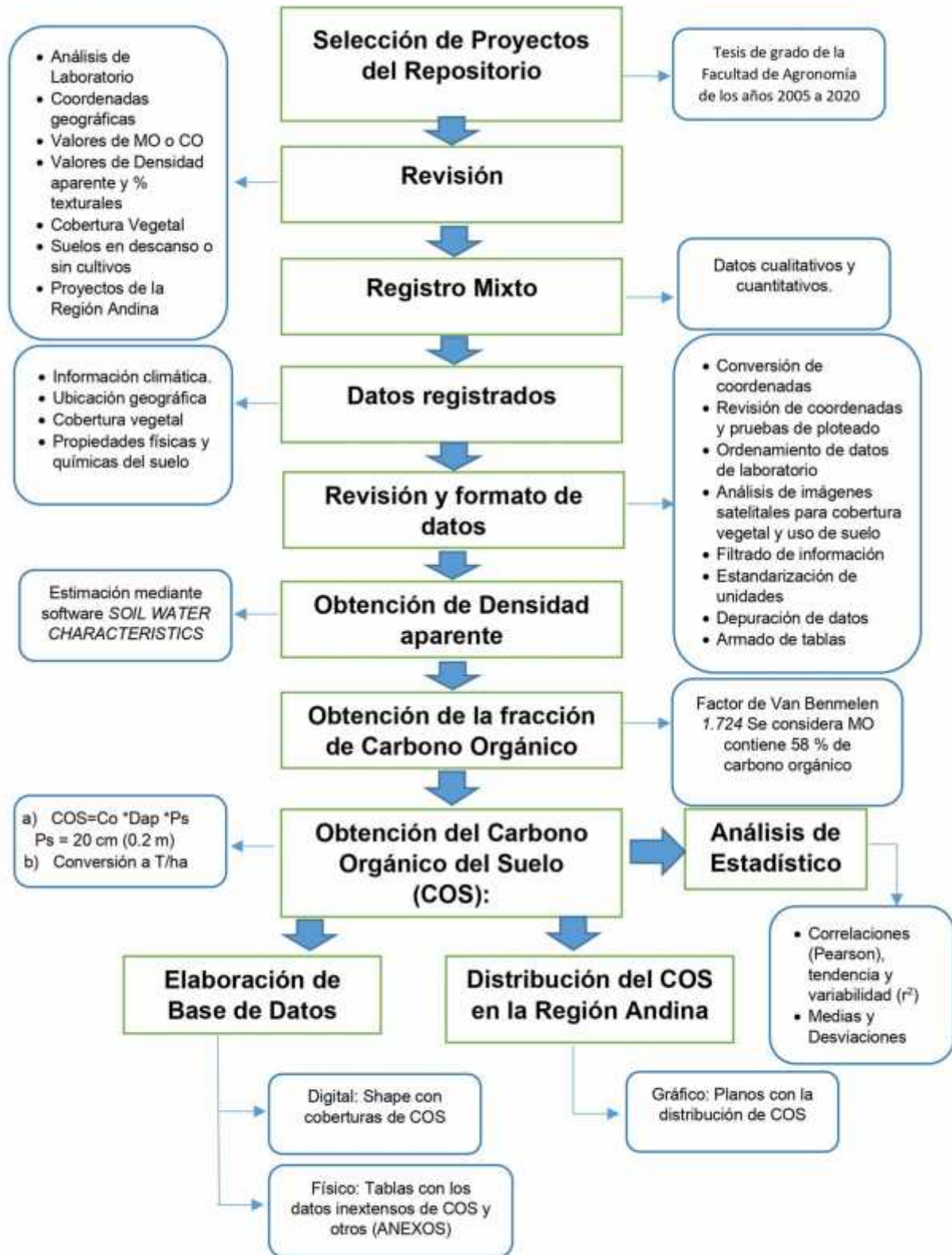
- **Análisis de Estadístico:** Se realizó la obtención de coeficientes de correlación de Pearson para identificar posibles relaciones directa o inversamente proporcionales o no proporcionales, entre COS y las diferentes variables de respuesta. También se calcularon los coeficientes de determinación (r^2) para obtener el porcentaje de efecto de un factor en los valores del COS.
- **Elaboración de Base de Datos en relación a COS:** Se procedió a la elaboración de la Base de datos de toda la información recabada del análisis del Carbono Orgánico del Suelo, ordenada y elaborada, la cual se fue en formato físico y digital.

- **Determinación de la distribución del COS:** Fue representada y analizada de tanto de forma gráfica y en la discusión de los resultados obtenidos para los Altiplano Norte, Central y Sur.

3.1.4.2. Variables de Estudio

- Cobertura vegetal y Uso del suelo.
- Climáticas: Temperatura, Precipitación, Altitud, Épocas de muestra.
- Propiedades físicas del Suelo: Densidad Aparente y Textura.
- Propiedades químicas del Suelo: pH, CE, CIC, Macronutrientes, Na y Al.

3.1.4.3. Flujograma del procedimiento de trabajo realizado



IV. SECCIÓN PROPOSITIVA

4.1. Aspectos Propositivos del Trabajo Dirigido

Los resultados presentados son frutos de la compilación y revisión minuciosa de las tesis de grado que se han realizado en la Facultad de Agronomía, de la Universidad Mayor de San Andrés, habiendo revisado el catálogo del repositorio desde la gestión 2005 a la 2020, entre los cuales se encontraron 19 trabajos de tesis y 1 de Trabajo Dirigido que han realizado el desarrollo de la investigación en suelos los cuales debían ubicarse en la Región Andina y contener datos mínimos para ser tomados en cuenta.

Los datos referidos mostrarán un panorama acerca de los trabajos de investigación en suelos que se están realizando en la Facultad de Agronomía, como también de las posibles falencias o necesidad de mayores requerimientos para mejorar el proceso de investigación.

4.2. Resultados y análisis

4.2.1. Base de Datos del Carbono Orgánico en el Suelo

De los valores recopilados en las diferentes tesis de la Facultad de Agronomía estos han sido utilizados para la obtención del Carbono Orgánico del Suelo (COS). Los mismos, con sus diferentes valores

- ✓ *Formato digital*, adjuntado mediante archivo *Shape* (.shp) con los datos de ubicación espacial de las calicatas de las tesis realizadas en la región Andina por la Facultad de Agronomía, juntamente con los valores de COS y demás registros.
- ✓ *Formato físico*, los datos compilados de los trabajos de investigación revisados que, los cuales, por la extensión y el nivel de detalle, se presentarán de manera completa y con sus diferentes partes en la parte de **ANEXOS** para su consulta. Los mismos están ordenados en Tablas con las coordenadas y los valores de COS con el dato de Municipio y tesis respectivamente codificadas.

4.2.2. Distribución del Carbono Orgánico del Suelo en la zona Andina de Bolivia

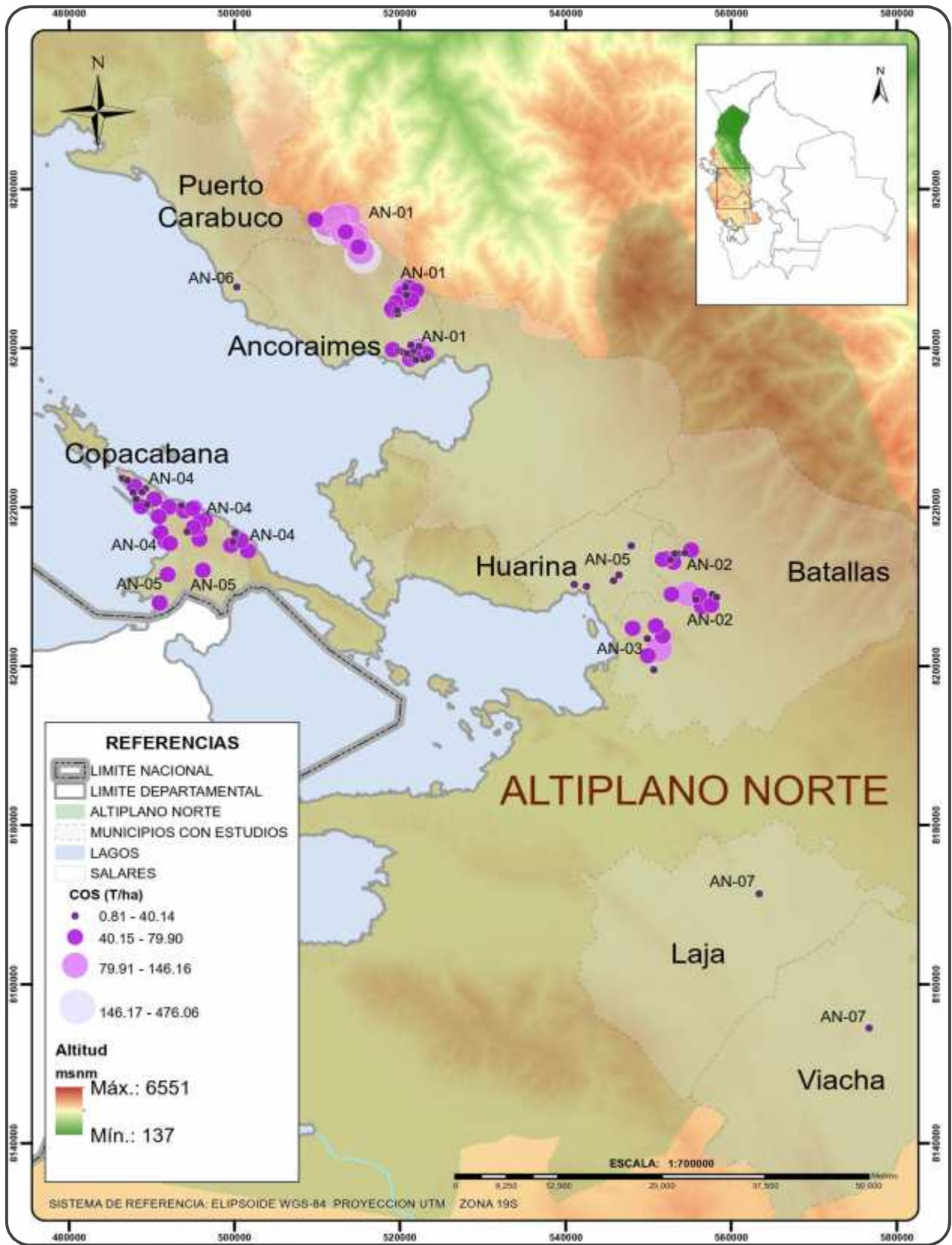
4.2.2.1. Altiplano Norte

La distribución geográfica de las investigaciones en suelos en la Región Andina de Bolivia realizadas por la Facultad de Agronomía mediante las tesis de grado, detalladas en la TABLA 3, indican con qué datos (cualitativos y cuantitativos) se cuentan a nivel Universidad en ese tema.

En el Mapa 2 se observan los datos obtenidos de Carbono Orgánico del Suelo (COS) para el Altiplano Norte en unidades de t/ha (toneladas por hectárea), mediante simbología por tamaño en relación a la cantidad de Carbono obtenido de los análisis. Los datos han sido ploteados de acuerdo a coordenadas UTM registradas en cada muestra. Asimismo, cada muestra, ya sea única o en grupo, ha sido etiquetada con el código asignado correspondiente para la identificación de la tesis de grado a la que corresponde.

En el Mapa referido, se aprecian los lugares donde se realizaron mayores tomas de muestra. Los municipios que tienen mayor densidad en este aspecto son: Copacabana, Batallas, Huarina y Ancoraimes. En los municipios de Puerto Carabuco, Laja y Viacha se tiene menor densidad de muestras. La densidad de muestras está en base al alcance de la investigación y a los objetivos que realizaron en su momento.

Analizando la distribución, en el municipio de Ancoraimes se aprecian los valores más altos que van de 146 a 476 t/ha de Carbono Orgánico del Suelo. Valores intermedios también se aprecian en el mismo municipio, con 40 a 79 t/ha de COS. En el municipio de Copacabana existen valores intermedios de 40 a 79 t/ha; valores bajos que varían de 1 a 40 t/ha. El municipio de Batallas presenta diferentes densidades de muestra de valores de Carbono Orgánico del Suelo en diferentes grupos, de acuerdo a los trabajos de investigación, en rangos relativamente altos que van de 79 a 146 t/ha de Carbono Orgánico del Suelo, valores intermedios de 40 a 79 t/ha y valores bajos de 1 a 40 t/ha.



MAPA 2. Distribución del Carbono Orgánico del Suelo en el Altiplano Norte

En todos los municipios, y en la mayoría de los grupos de muestra, se pueden apreciar que también se registran valores bajos de Carbono Orgánico del Suelo para varios puntos que van de 1 a 40 t/ha. Por lo tanto, se aprecia que los valores en general son muy variables dado los factores heterogéneos, como las características del suelo, su uso, variables climáticas, etc; según los lugares de donde se obtuvieron las muestras, caso de Batallas donde hay valores altos, medios y bajos de COS. Los más bajos se observan en el Municipio de Huarina, Puerto Carabuco, Laja y Viacha, de manera aproximadamente uniforme. El municipio de Copacabana presenta los valores con mayor uniformidad con valores intermedios a bajos (de 1 a 40, y de 40 a 79 t/ha).

Valores altos de Carbono Orgánico del Suelo están en el Municipio de Ancoraimes pero son también los que presentan mayor variación en las cantidades de Carbono Orgánico registradas en todas las áreas las cuales son

Debido a las características del Altiplano Norte, donde principalmente existe mayor humedad en comparación de otras regiones del altiplano, es que todos los sectores donde se realizaron la toma de muestras y presentan valores medios a altos de COS se encuentran bordeando la cordillera oriental. Es así que la mayoría de los ecosistemas vegetales hay una tendencia a concentrar mayor cantidad de COS en la posición inferior de las laderas (González et al., 2008). Por lo cual, esta es una característica por la cual se presentan los datos mencionados en cercanías de la zona cordillerana donde se presenta una mayor acumulación de carbono orgánico. Asimismo, se tiene un régimen de lluvias más alto, también el trabajo agrícola que también aporta con la generación de materia orgánica; el desarrollo pecuario también genera una mayor acumulación de carbono orgánico en el suelo.

Otro factor que interviene es en el municipio que presenta valores extremos, Ancoraimes, es que presenta características agroecológicas específicas de cobertura vegetal cómo ser bofedales, los cuales, tienen alta humedad a causa del continuo aporte de corrientes de agua superficiales o subterráneas y suelos con poco drenaje, trabajo agrícola nulo destinados principalmente al pastoreo, presentan alta densidad de cobertura vegetal, principalmente, especies hidrófilas. Todo esto hace que en ese sector sea un lugar propicio para la acumulación de carbono orgánico en el suelo.

En los municipios de Laja y Viacha, debido en parte por la baja densidad muestral. Asimismo, presentan una menor cantidad de COS que va de 1 a 40 t/ha aproximadamente, y que, debido a las características del lugar, como ser, lejanía del sector lacustre y, por lo tanto, la distancia altiplano central, genera un cambio en las condiciones iniciales para obtener valores altos.

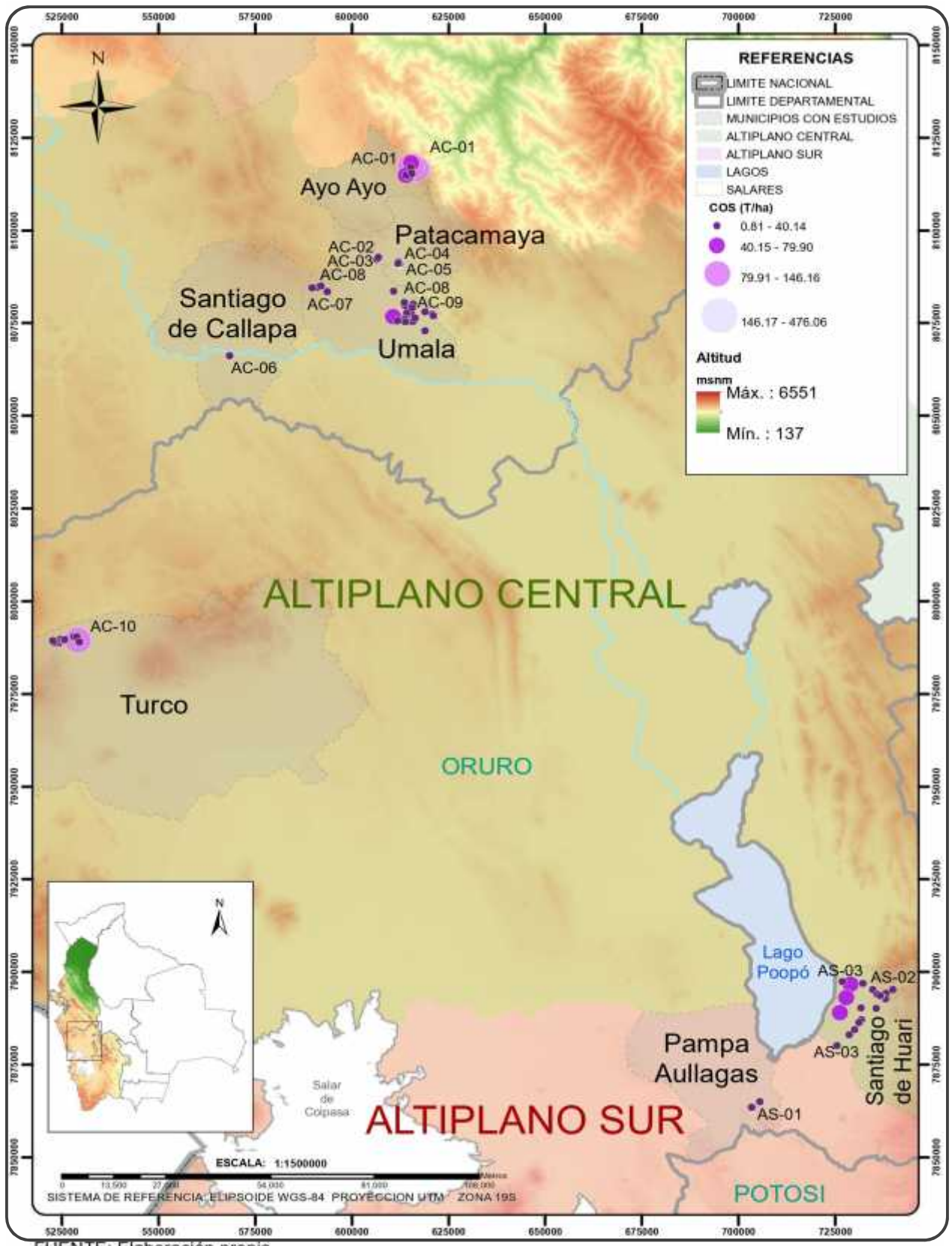
Respecto al Municipio de Huarina, se ha visto que todos los puntos corresponden a barbechos de 1 o 6 años, lugares influenciados por viviendas debido a la cercanía, o en la parte alta de una cerranía con suelo carente de cobertura vegetal, por lo cual, los resultados a diferencia de estar influenciados por la zona lacustre y otros parámetros que favorecerían al almacenaje de COS, la ubicación y la influencia de otros factores externos, como ser la influencia humana, determinan el valor bajo para Carbono Orgánico del Suelo.

4.2.2.2. Altiplano Central y Sur

En el MAPA 3, se observan los valores distribuidos en los altiplanos Central y Sur, de igual forma que en el anterior caso, en unidades de t/ha (toneladas por hectárea), con la simbología correspondiente por tamaño en relación a la cantidad de COS y la etiquetas que hacen referencia a las tesis de grado que realizaron las muestras.

En el Altiplano Central se aprecia que la distribución de la densidad de muestras obtenidas para Carbono Orgánico del Suelo se encuentra principalmente los municipios de Patacamaya, Humala, Turco y Santiago de Huari, dónde se encuentra la mayor parte de muestras realizadas por la tesis de grado. En los demás municipios como ser: Ayo Ayo, Santiago de Callapa y Pampa Aullagas, se encuentra una menor parte de muestras realizadas en cada trabajo de investigación.

Respecto a los valores alcanzados para Carbono Orgánico Del Suelo, tanto en el Altiplano Central como en el Altiplano Sur, se puede ver que presenta generalmente valores medios y valores bajos, no existiendo extremos cómo en el caso del Altiplano Norte.



MAPA 3. Distribución del COS en el Altiplano Central y Sur

Los municipios Ayo Ayo, Patacamaya, Umala, Santiago de Callapa, Turco, Pampa Aullagas y Santiago de Huari, registraron valores de 40 a 79 t/ ha y en su mayor parte valores bajos de 0.81 a 40 t/ ha de Carbono Orgánico del Suelo. De los municipios mencionados, únicamente los municipios de Ayo Ayo y Turco presentan valores que alcanzan entre 79 y 146 t/ ha de Carbono Orgánico del Suelo. En los municipios de Umala y Ayo Ayo se registran valores intermedios de 40 a 79 t/ ha de carbono orgánico del suelo. Siendo en el sector de Ayo Ayo del altiplano Central, la parte con mayor variabilidad de datos de COS.

En el mapa al que se hace referencia (Mapa 3), se observa que en su mayoría existen valores relativamente bajos y con ocurrencia en las diferentes muestras de ambos altiplanos, dónde, principalmente existen valores bajos en comparación de los registrados en el Altiplano Norte.

Las densidades de las muestras son relativamente uniformes en los sectores de Patacamaya, Umala Turco Santiago de Huari y Ayo Ayo. Existiendo una menor densidad en Santiago de Callapa y Pampa Aullagas.

Algo que se puede apreciar, a nivel general, es que debido a las características del Altiplano Central se tienen valores para Carbono Orgánico del Suelo relativamente bajos a medios (de 0.81 a 40 y de 40 a 79 t/ha). En dónde se aprecia que todas las características, como ser, climáticas y de suelo, hacen efecto sobre este valor. En el Altiplano Sur, se tiene ocurrencia de únicamente valores bajos de Carbono Orgánico del Suelo, con mayor frecuencia que en el Altiplano Central. Bien en el Altiplano Sur se tiene una densidad muestral muy baja, debido a la cantidad de trabajos de tesis realizadas en el lugar, los valores registrados muestran que efectivamente los factores tanto climáticos como de suelos no favorecen al almacenamiento de Carbono Orgánico del Suelo.

4.2.3. Análisis estadístico de los valores del Carbono Orgánico del Suelo

Valores propiamente dichos para Carbono Orgánico del Suelo (COS) no han sido encontrados en los trabajos revisados, estando ausente este dato de los análisis realizados en razón de los objetivos planteados individualmente en cada tesis de grado.

La estimación de MOS es en base al análisis de COS como es descrita por Martínez, Fuentes y Acevedo (2008), respecto a que el contenido de la MO presenta un **58%** de Carbono Orgánico.

Así mismo, en base a la Densidad Aparente (Dap) se realizó el cálculo de la cantidad de COS inicialmente en kg/m^3 y posteriormente, se realizó la conversión a toneladas por hectárea (t/ha) para lo cual se consideró una profundidad efectiva de 20 cm (0.2 m) como corresponde al Altiplano. Esto se apoya en datos de Figueredo (2017) que menciona que los estudios de COS deben realizarse en perfiles menores a 30 cm, no mayores. Registros mencionados en otros estudios (Herrera, 2017) que indican que el primer horizonte es el principal almacenamiento de COS de América Latina.

En el Cuadro 1 se aprecian los resultados promedios de la COS que han sido obtenidos en base a cada tesis de grado revisada, juntamente con el municipio en el cual se realizó el trabajo de investigación y dividido en las tres regiones de las cuales comprende el Altiplano boliviano: altiplano Norte, Central y Sur.

Los trabajos de tesis se realizaron aproximadamente de uno a dos trabajos por cada municipio. En algunos casos algunas tesis realizaron el trabajo de investigación en 2 municipios.

En el cuadro referido, se puede corroborar la diferencia entre los resultados de la media obtenida para Carbono Orgánico del Suelo entre las distintas zonas de las cuales comprende el Altiplano boliviano. Lo que se puede apreciar de forma precisa son valores que se obtuvieron en el Altiplano Norte, los cuales, son mayores a los del Altiplano Central y estos a su vez son más altos que los del Altiplano Sur.

Cuadro 1. Análisis de la distribución del COS las regiones del Altiplano boliviano

REGIÓN	DEPTO.	MUNICIPIO	CÓDIGO	Nº	DESVEST (t/ha)	MEDIA (t/ha)	CO(%)	COEF. VAR. (%)		
Altiplano Norte	La Paz	Ancoraimes	AN-01	51	66.12	83.81	4.71	78.89		
		Batallas	AN-02	16	25.69	47.60	1.80	53.98		
			AN-03	7	19.33	53.32	1.77	36.26		
		Copacabana	AN-04	31	14.78	45.25	1.66	32.66		
			AN-05	5	12.03	42.41	1.68	28.36		
		Huarina	AN-05	5	12.60	25.73	1.29	48.95		
		Puerto Carabuco	AN-06	1	0.00	37.57	1.47	0.00		
Viacha	AN-07	3	7.38	25.60	1.35	28.82				
Altiplano Central	La Paz	Ayo Ayo	AC-01	10	21.02	57.84	2.25	36.34		
		Patacamaya	AC-02	1	0.00	12.61	0.44	0.00		
			AC-03	1	0.00	14.75	0.47	0.00		
			AC-04	1	0.00	37.06	1.31	0.00		
			AC-05	23	5.70	25.28	0.86	22.54		
			Santiago de Callapa	AC-06	1	0.00	14.20	0.52	0.00	
		Umala	AC-07	2	2.63	21.21	0.73	12.41		
			AC-08	4	5.39	15.12	0.60	35.61		
		Oruro	Oruro	Turco	AC-09	19	11.39	16.73	0.60	68.09
				Turco	AC-10	10	14.66	18.37	0.73	79.76
Altiplano Sur	Oruro	Pampa Aullagas	AS-01	3	1.09	15.18	0.54	7.18		
		Santiago de Huari	AS-02	4	5.69	23.76	0.78	23.95		
			AS-03	15	16.76	26.87	1.05	62.38		
Total general				213	36.76	45.32	2.07	81.11		

COS= Carbono Orgánico del Suelo; Nº = Número de muestras; DESVEST= Desviación Estándar;
 CO (%) = Carbono Orgánico en porcentaje; COEF.VAR. = Coeficiente de Variación
 FUENTE: Elaboración propia

Los valores que resaltan en el Altiplano Norte son medias como las de Ancoraimes con 83.81 t/ha. Siendo en Viacha dónde se encuentra la menor media de esa zona del Altiplano con 25.60 t/ha.

En el Altiplano Central se tiene el valor de Carbono Orgánico del Suelo más alto en el municipio de Ayo Ayo, con 57.84 t/ha. El menor dato se registra en Patacamaya con

12.61 t/ha. En el altiplano Sur se registra la mayor media en Santiago de Huari con 26.87 t/ha y la menor media en Pampa Aullagas con 15.18 t/ha.

Para los valores de desviación estándar y coeficiente de variación, ambos son bastante altos en los grupos de muestra que tienen una mayor densidad muestral, asimismo, estos valores tienen como media altos niveles de Carbono Orgánico del Suelo. En todos los casos que se presenta menor densidad muestral se tiene también menor desviación estándar y un coeficiente de variación más bajo, pero también valores menores para el Carbono Orgánico del Suelo. Este es un aspecto que se debe a la cantidad de muestras que estuvo en función a los objetivos que cada tesis de grado tuvo en su momento.

Por otra parte, las menores desviaciones que se tuvieron en las diferentes zonas del Altiplano son las del altiplano Central y Sur, los cuales presentan en un gran mayoría, valores menores al 38% de variación y en casos con alta variabilidad, como en el caso del municipio de Umala y Turco, los mismos presentan varios datos, de 10 a 19, los cuales son muy heterogéneos en cuantos a los sitios de toma de dichas muestras, como ser barbechos de 1 y 3 años, Pasturas nativas, Bofedales, entre otros (Ver. Los datos de Cobertura Vegetal en ANEXOS). En el altiplano Norte, donde se tiene una variación bastante alta, se coincide en el mismo aspecto de variabilidad, ya que las muestras son bastante densas en sectores pero que los mismos cuentan con características de suelos, uso de suelo y cobertura vegetal bastante variables, pero que en general, han proporcionado a la zona una media de COS significativamente alta, como es el caso de las tesis de Ancoraimos con variación del 78% y Batallas con 53%.

Las datos con altas variaciones son debido a que cada tesis de grado es independiente y al realizarse cada estudio de suelo este ha tenido resultados con diferencias significativas, esto es debido a la amplitud de la región, en la que se realizaron los muestreos, y a la heterogeneidad tanto de suelo con sus diferentes características físicas y químicas, como también al aspecto climatológico (temperatura, altitud, precipitación pluvial), como también al efecto de la interacción humana, en muchos casos, respecto al uso de suelo o a la influencia indirecta respecto a la cercanía, por ejemplo, a poblaciones.

En el cuadro referido el Carbono Orgánico en porcentaje (CO%) se puede apreciar el mayor porcentaje de Carbono Orgánico presenta en el Altiplano Norte, en el mismo municipio que tiene los valores extremos anteriormente mencionados cómo lo es Ancoraimes. Este valor, 4.71%, es significativamente alto en comparación con las demás regiones y lugares de muestreo que presentan valores mucho más bajos, todos inferiores a 1.8%. Por lo tanto, en el Carbono Orgánico tiene mayor facilidad de almacenaje en el suelo del Altiplano Norte, siguiendo el Altiplano Central y por último, el Altiplano Sur.

Estos datos hacen referencia, nuevamente, a las diferencias marcadas que existen entre las zonas de estudios, las cuáles, presentan características específicas como calidad y uso de suelo, cobertura vegetal y los factores climáticos. De acuerdo a los datos registrados por Martínez, Fuentes y Acevedo (2008), aunque la temperatura baja es común en todo el Altiplano y es una variable que genera mayor acumulación de COS, pero la humedad y la altura factores propicios para un mayor almacenaje en el Altiplano Norte.

Para realizar una comparación general de las zonas del altiplano, se muestra en el CUADRO 2, los valores promedio obtenidos para Carbono Orgánico del Suelo, el cual inicialmente, presenta una mayor densidad de muestras para el Altiplano Norte, seguido del Altiplano Central y finalmente el Sur.

Cuadro 2. Distribución del COS en las Regiones del Altiplano boliviano

REGIÓN	Nº DE MUESTRAS	DESVEST (t/ha)	MEDIA (t/ha)	COEF. VAR. (%)
Altiplano Norte	119	55.53	61.07	74.55
Altiplano Central	72	19.46	25.60	76.04
Altiplano Sur	22	14.61	24.71	59.11
Total general	213	36.76	45.32	81.11

COS= Carbono Orgánico del Suelo; **DESVEST**= Desviación Estándar; **COEF.VAR.**= Coeficiente de Variación
FUENTE: Elaboración propia

Esta diferencia se presenta de igual manera para la media obtenida de COS para las diferentes zonas, donde el Altiplano Norte tendría la mayor media con 61.07 t/ha, seguido del Altiplano Central, con 25.60 t/ha, y finalmente el Altiplano Sur, con 24.71 t/ha. Las Desviaciones Estándar tienen el mismo comportamiento en las zonas mencionadas y los coeficientes de variación son altos y similares (74.55% y 76.04%), para el Norte y Central; y el Altiplano Sur presenta una variación relativamente alta (59.11%).

En el cuadro mencionado, se aprecia las diferencias altamente significativas entre los valores promedios de COS entre el Altiplano Norte y los Altiplanos Central y Sur. Por lo tanto, estas diferencias corresponden a diferencias geográficas incluso, dentro de un mismo municipio los cuales están afectados por otros factores tanto físicos como químicos de los suelos, vegetación, propios de cada zona del Altiplano boliviano. Por lo tanto, los resultados indican que en el Altiplano Norte se tendrían condiciones óptimas para el almacenamiento de COS, pero también se debe considerar que el mismo contiene muestras con valores extremos los cuales son puntuales de un área y no de toda la región, los cuales, han generado una alta diferencia a momento de promediar los resultados.

El clima del altiplano es un clima apto para el almacenaje de Carbono Orgánico del Suelo debido a sus temperaturas bajas lo cual ayuda a la conservación del mismo, y a la altitud, que, por las características del ecosistema (ya sea textura del suelo, densidad, cobertura vegetal, etc), favorece a que se acumule una mayor cantidad del mismo. El Altiplano Norte presenta una mayor altitud en partes aledañas a la cordillera, también por la humedad y gran cantidad de Materia Orgánica que hay en el suelo de la zona genera una fácil acumulación de COS. El clima del Altiplano central y en especial del Sur, de igual manera favorecerían al almacenaje de Carbono Orgánico en el Suelo, pero debido a la calidad de los suelos que en general, conllevan una elevada salinidad y baja cobertura vegetal desfavorecen al mismo.

4.2.4. Análisis de factores que afectan al almacenamiento de COS

4.2.4.1. Uso de suelo y Cobertura vegetal

Uno de los aspectos importantes para analizar fue la referente a la cobertura vegetal en los sectores de estudio, propiamente en los puntos donde se realizó la toma de datos para cada valor actualmente obtenido.

Los mismos presentaban como característica general la descripción de las diferentes especies vegetales que formaban parte de dicha cobertura, no habiendo únicamente una especie en particular a la que se haga referencia, sino a un conjunto relativamente heterogéneo.

Es por eso que se procedió a la revisión de los datos obtenidos de estos conjuntos y para su análisis se agruparon las especies preponderantes de acuerdo a las diferentes descripciones de cada punto de muestreo, considerándose las más características de los datos de un conjunto, como el *eucalipto*, en el caso de especies exóticas o introducidas, y la *kiswara* o *queñua* en especies nativas.

Los mismos se revisaron punto por punto mediante imágenes satelitales con buena resolución, para definir con mayor precisión a cuál grupo pertenecía la cobertura vegetal de la muestra revisada, e implícitamente, se verificaba por Reconocimiento Directo, el Uso de Suelo al que también correspondían, que en muchos casos se tuvo que corregir, dada la referencia de la imagen satelital la cual mostraba detalles muy claros al respecto.

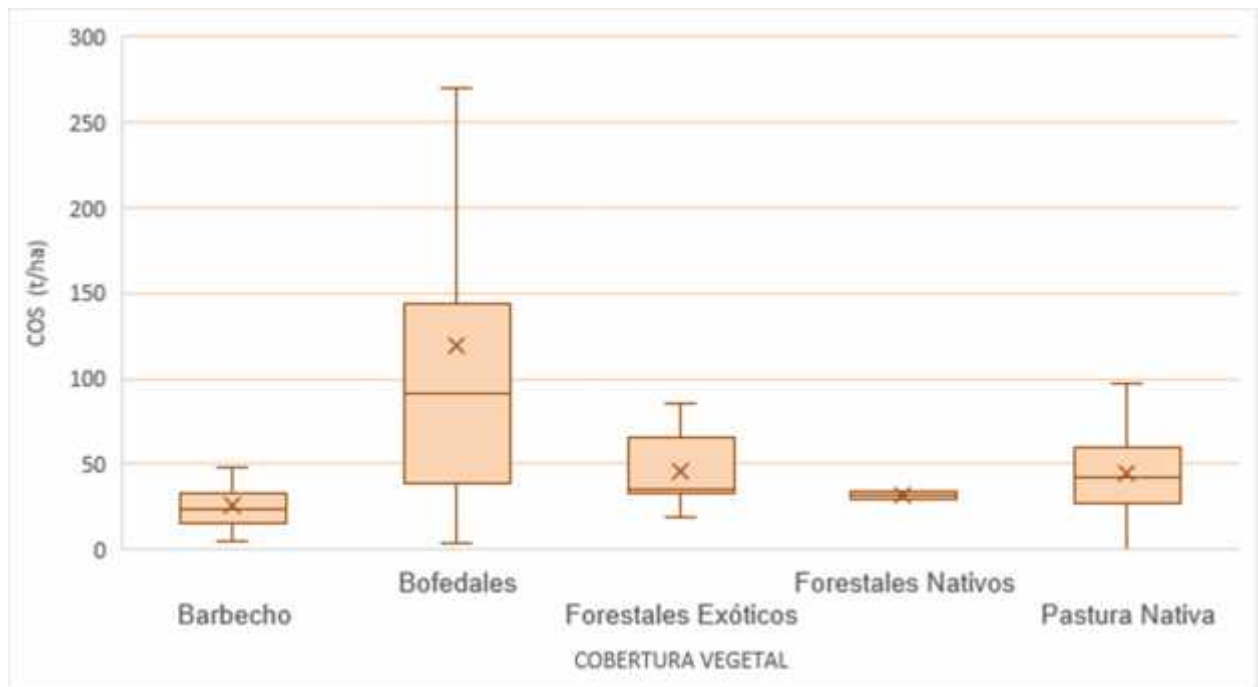
El análisis que se ha obtenido para **Uso del Suelo**, que durante el trabajo de recopilación realizado en el presente documento, ha sido relacionado directamente con la cobertura vegetal (referido en la TABLA 3) esto para una adecuada organización y de esta forma no realizar un análisis reiterativo porque únicamente se tiene la agrupación de muestras denominada “Barbecho” como uso del suelo propiamente dicho, el cual se refiere al periodo de descanso del suelo donde no se realiza la siembra de 1 a varios años (Licona y Estipiñan, 2017). Los demás valores que corresponderían a Uso del Suelo como Pecuario y Forestal, son de usos similares en las regiones del Altiplano

boliviano que son aprovechados para pastoreo. Es así, que los demás grupos de cobertura vegetal corresponden al Uso de Suelo como Forestal y Pecuario.

Es así que se trabajaron los datos con los siguientes grupos: *Barbecho*, *Pastura nativa*, *Forestales nativos*, *Forestales exóticos* y *Bofedales*.

En la Figura 1 se aprecian los valores de COS en t/ha, agrupados en relación a grupos de Cobertura Vegetal y el “Barbecho” como Uso de Suelo, los cuales han sido obtenidos de las tesis de grado analizadas.

En el gráfico se aprecia la diferencia significativa de un grupo a otro respecto a los valores más altos que se ve inicialmente en los grupos Bofedales, que tienen los valores más altos, con medias superiores a las 100 t/ha, seguidos de los Forestales Exóticos, Pastura nativa, y Forestales nativos, los que presentan medias inferiores a 50 t/ha. Estos grupos harían referencia a suelos con uso pecuario y forestales.



FUENTE: Elaboración Propia. Cos= Carbono Orgánico del suelo

Figura 1. COS analizado por grupos de Cobertura Vegetal

En el caso de Barbecho, este presenta valores por debajo de 25 t/ha, lo cual es muy inferior a los demás grupos que se considerarían que son usos de pastoreo y forestales. Esto es un indicio respecto a que el uso de suelo por el área agrícola genera una menor acumulación de carbono orgánico en el suelo, por lo cual, es desfavorable para el mismo al presentar valores muy bajos en comparación de otros suelos utilizados para otros usos.

La misma naturaleza del Barbecho o descanso de la tierra es una práctica, que como indican Godenzzi y Vengoa (2014, citados por Licona y Estupiñan, 2017), ligado con la reconstitución del suelo, a fin de prepararlo para la siembra, de modo que no se considera como un momento de pasividad sino más bien una etapa esencial de activo fortalecimiento. Por lo tanto, es implícito el agotamiento del suelo debido al uso agrícola.

De acuerdo al Mapa 4, existe una distribución diferente de las Coberturas vegetales, y por lo tanto, de los usos de suelo. Las diferentes zonas del Altiplano presentan áreas con distintas coberturas y por lo tanto, diferentes uso de Suelo.

En la parte del Altiplano Norte se puede apreciar en los municipios de Puerto Carabuco pasturas nativas. En la parte de Ancoraimes se aprecia diferentes grupos como ser pastura nativa, forestales exóticos, bofedales y en el caso de Uso de Suelo, barbecho. En la parte de los municipios de Huarina y Batallas se aprecian principalmente cobertura vegetal como pastura nativa y en Uso de Suelo, barbecho. El municipio de Copacabana, tiene una mayor diversidad cómo ser pasturas nativas, forestales exóticos, forestales nativos, y en uso de suelo barbecho. En la parte de la Viacha únicamente se aprecian pasturas nativas. Por otra parte, en el Altiplano Central Sur se aprecia en todos los municipios pastura nativa y barbecho. Únicamente en el municipio de Turco presenta bofedales.

En la distribución descrita en el Mapa 4, muestra claramente que existe una diferencia en los tipos de cobertura vegetal que hay en las diferentes zonas y, por lo tanto, también existe una diferencia con el Uso de Suelo de las diferentes zonas del Altiplano boliviano. En la parte Norte se aprecia mayor variedad de cobertura vegetal. Esto indica que esta zona presenta condiciones más favorables para el desarrollo de vegetación.

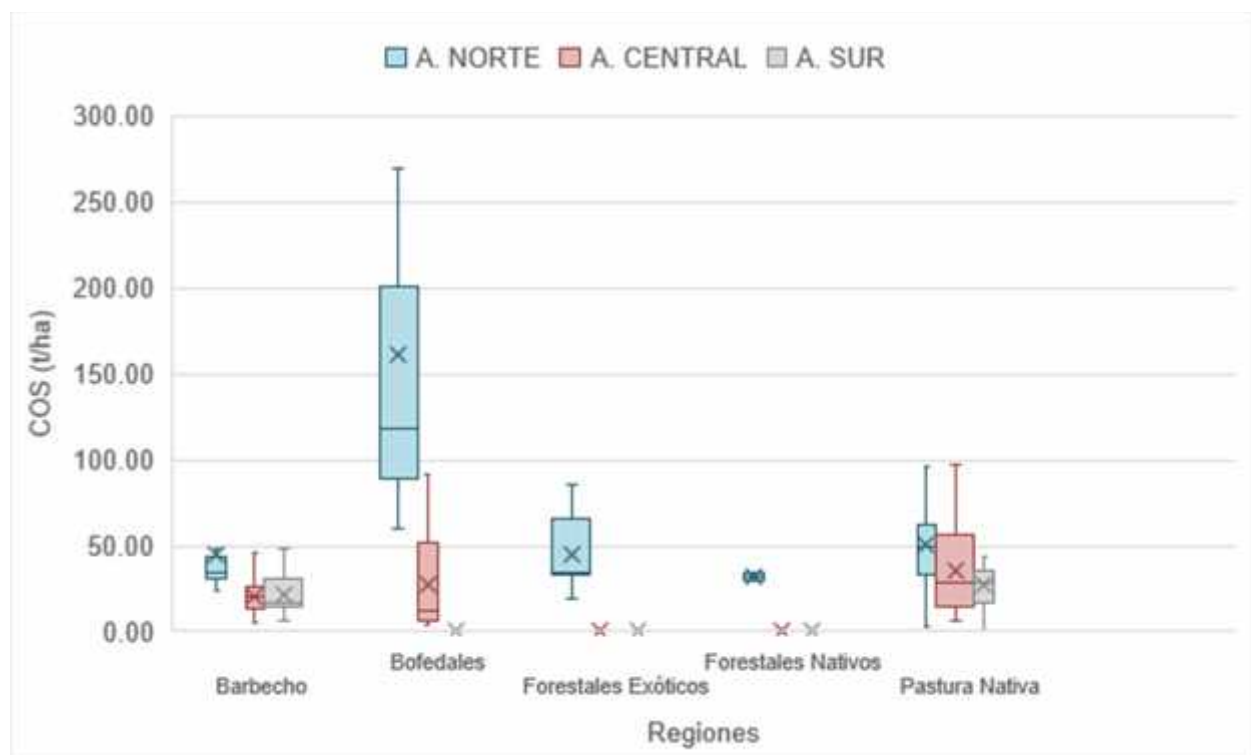
Algo a destacar es que en el Altiplano Norte la única región registrada donde se encuentran bofedales es el municipio de Ancoraimes. Asimismo, registro de Forestales exóticos únicamente se tiene en el Municipio de Copacabana. En el Altiplano Central, se tiene registro único de bofedales en el Municipio de Turco.



MAPA 4. Cobertura vegetal y uso del suelo en las regiones del Altiplano boliviano

Algo a destacar es que en todo el Altiplano se tiene registro de pastura nativa, debido a que naturalmente es el grupo de predominante en toda esta región, aclarando qué, la diversidad y el tipo de pastura nativa o composición de especies nativas que pueda contener no han sido especificadas claramente en las diferentes tesis revisadas. Por lo tanto, se ha tomado este grupo de cobertura vegetal de manera general. En todos los lugares donde se realizaron los trabajos de investigación de las tesis de grado se pueden encontrar como Uso de Suelo al “barbecho” por lo cual, es importante recalcar en el trabajo que se viene realizando para fomentar un cuidado adecuado del suelo, ya que la agricultura es una actividad que promueve la economía del sector, pero también es una actividad que requiere de los cuidados respectivos para el mantenimiento adecuado del estado del suelo.

Para realizar un análisis más detallado, se ha procedido a dividir los valores de Carbono Orgánico del Suelo mediante la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo en las diferentes zonas del Altiplano boliviano.



FUENTE: Elaboración Propia. Cos= Carbono Orgánico del suelo

Figura 2. COS en grupos de cobertura vegetal en regiones del Altiplano boliviano

En la Figura 2 tenemos para el grupo de *barbecho* las medias más bajas, las cuales, están por debajo de 50 t/ha para todas las zonas. En el mismo, se puede apreciar que las medias para el Altiplano Norte son cercanas a 50 t/ha, son las que se encuentran con un valor más alto en este grupo. Para el Altiplano Central y Sur las medias son similares entre si, de aproximadamente 25 t/ha. Estos valores no muestran mucha variación entre datos para el Altiplano Norte, pero los datos de los Altiplanos Central y Sur, muestran variación de datos más alta a causa del rango que se aprecia en el gráfico que va desde cercano a 0 hasta 50 t/ha. Esto es debido a la cantidad de datos que se tiene en este grupo y a la cantidad de tesis que realizaron el trabajo de investigación en la zona.

Para el grupo de *bofedales* del Altiplano Norte, se tiene el mayor valor obtenido con una media superior a 150 t/ha de COS. Los valores para este grupo en esa zona del altiplano varían y tienen rangos bastante amplios desde cerca 50 t/ha hasta superiores a 250 t/ha, lo cual genera una amplia variabilidad en los en los datos y las desviaciones más altas. Para el caso de los *bofedales* del Altiplano Central tenemos medias relativamente superiores a 25 t/ha de COS y los rangos de estos datos llegan desde próximos a cero hasta cercanos a 100 t/ha. En el caso del Altiplano Sur no se tienen muestras registradas para *bofedales*.

En el caso de *Forestales Exóticos*, únicamente se tiene datos registrados para el Altiplano Norte el cual presenta una media aproximada a 50 t/ha y sus valores están fluctuando desde 25 t/ha hasta aproximadamente 75 t/ha de COS. De manera similar se tiene para el caso de forestales nativos los cuales solo están registrados en el Altiplano Norte y presentan una media cercana a 60 t/ha y se registra variación significativa entre los datos.

Para *Pastura Nativa*, con los datos para las tres zonas del Altiplano los cuales se presentan en forma gradual, inicialmente la más alta para el Altiplano Norte con una media de aproximadamente 50 de t/ha, para el Altiplano Central, una media cercana 30 t/ha. Para ambos altiplanos los rangos de los datos están fluctuando entre datos cercanos a 1 t/ha y llegan hasta 100 t/ha. Por último, para el Altiplano Sur se tienen los

datos más bajos cercanos a 25 t/ha y fluctúan desde cercanos a cero hasta cercanos a 50 t/ha de COS.

Es así, que los datos que sean graficado muestran la diferencia significativa entre las distintas áreas y el comportamiento que se tiene del Carbono Orgánico en función del uso del suelo y de la cobertura vegetal, la cual, en zonas como la del Altiplano Norte se tiene una mayor ventaja para el crecimiento debido a la humedad y otros factores climáticos característicos, hacen una diferencia tanto entre las especies como también en el tipo de uso de suelo en comparación con las demás zonas.

Asimismo, los valores elevados de Carbono Orgánico del Suelo se obtuvieron en zonas con mayor cobertura vegetal que aíslan el suelo de factores climáticos y la incidencia directa de radiación solar, lo que permite acumular mayor cantidad de carbono orgánico debido a una menor descomposición de materia orgánica. Los grupos en los cuales se encontró una mayor cantidad de COS, fueron en el siguiente orden: *Bofedales*, *Forestales exóticos*, *Pastura nativa* y *Forestales nativos*, respectivamente, existiendo mayor variación en los Bofedales debido a que este grupo registró valores atípicos o extremos. El grupo para *Barbecho* presentó en todos los casos un menor promedio de COS.

Martínez et al. (2008) mencionan la importancia de la cobertura vegetal para el Carbono Orgánico del Suelo, el cual es importante desde bosque, pradera, incluso cultivo, ya que debido a ella se genera un valor importante de Carbono Orgánico del Suelo. Asimismo, Madrigal (2019), hace referencia a que en campo se obtienen valores muy distintos de una cobertura a otra, incluso con especies forestales.

Respecto a los *bofedales*, Hernández (2010), habla respecto a los mismo, refiriéndose al término “humedales” (en inglés *Wetland*), refiriéndose a que los humedales ocupan sólo entre 4-6% de la superficie terrestre pero ellos desempeñan un papel importante en el ciclo de Carbono del planeta, esto debido a que la captación de carbono que en estos lugares se realiza, en su mayoría, a través de las plantas que fijan el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y lo convierten a carbono orgánico. También menciona que las productividades pueden ir de 0.4 - 32 t/ha de COS en un año. Siendo una característica

importante que la saturación de agua, en los suelos de humedales (o *bofedales*), favorece la acumulación de carbono debido a que disminuye velocidad de descomposición de la materia orgánica.

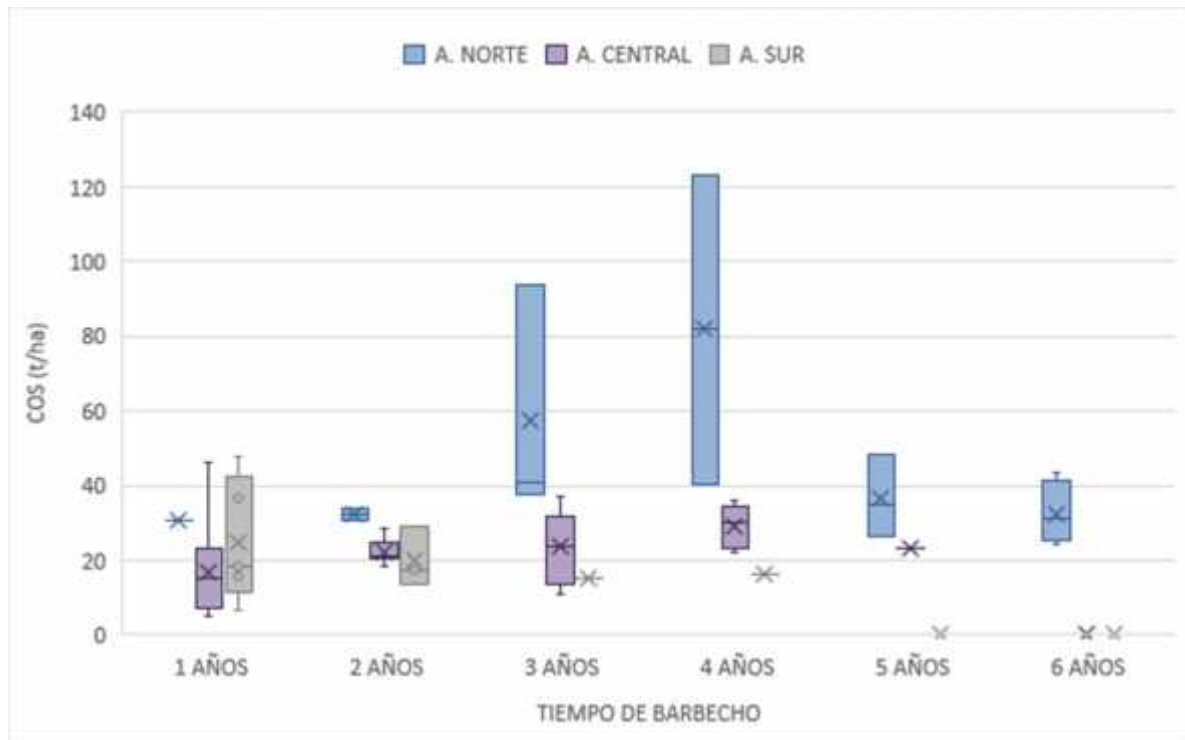
Estudios realizados por Mogollón et al. (2015), en relación a COS obtenido en lugares con coberturas vegetales con predominancias de específicas de especies, ha encontrado que estas siempre presentan variaciones altamente significativas de otra cobertura predominante. También resalta que las especies de porte bajo como praderas y arbustivas presentan menor acumulación de COS, en relación a coberturas que tienen tendencia boscosa o alta. Esto está relacionado al tipo de vegetación y su influencia en la acumulación de carbono en el suelo, está la cantidad y calidad de la hojarasca que ingresa y la velocidad de descomposición de la misma, lo cual depende de las especies dominantes.

Por lo tanto, la razón principal de mayor contenido de COS en bofedales es que estos son ecosistemas que presentan una cubierta vegetal abundante. Esto influencia a los suelos determinando menor erosión, menores pérdida de COS, mayor actividad microbiana, mayor almacenamiento de COS entre otros. En relación a otro tipo de coberturas, se caracterizan por tener suelos más descubiertos lo que implica en la pérdida de COS. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados, específicamente en el efecto de las diferentes coberturas con especies específicas en relación al contenido de COS.

4.2.4.2. Análisis del Uso del Suelo

En el caso de uso del Suelo, se consideraron a los grupos de cobertura vegetal: *Bofedales*, *Forestales Exóticos*, *Forestales Nativos* y *Pasturas nativas*, corresponderían a Usos de Suelo referentes al Uso forestal y principalmente pecuario. El único grupo que corresponde a uso Agrícola es el de *Barbecho*, el cual se ha segmentado por años mediante algunos datos indicados por las tesis de grado y en su mayor parte, con ayuda de imágenes satelitales, según se hace referencia en la parte de Metodología.

En la Figura 3, se muestran los resultados de Carbono Orgánico del suelo para los diferentes años de descanso que se encontraron en las muestras analizadas en relación a las zonas del altiplano boliviano.



FUENTE: Elaboración Propia. Cos= Carbono Orgánico del suelo

Figura 3. COS del Barbecho por años en regiones del Altiplano boliviano

Para el caso del Altiplano Norte se tienen datos de 1 a 6 años de descanso. El mismo muestra un comportamiento ascendente en la media de COS a partir del primer año aprox. 30 t/ha, hasta llegar al cuarto año con > 80 t/ha, a partir del cual el valor para COS va disminuyendo hasta el sexto año (y tener un contenido similar al primer año con > 30 t/ha. Cabe destacar que en el tercer y cuarto año se tienen diferencias significativas en cuanto a la variación de los datos ya que muestran rangos variables según lo que se puede apreciar en el gráfico (una columna de mayor tamaño en comparación con los demás grupos).

Para el Altiplano Central se tienen datos del primer hasta el quinto año de descanso y presenta un comportamiento similar al de la anterior zona, la cual inicia con media >15 t/ha, hasta llegar al cuarto año comuna media aprox. 35 t/ha, para descender en el quinto año a aprox. 30 t/ha. La variabilidad entre los datos es menor a la que se aprecia en el caso del Altiplano Norte.

Para el caso del Altiplano Sur se tienen datos únicamente hasta el cuarto año y el comportamiento del COS es distinto. Para el primer año se ha obtenido un COS con un promedio > a 25 t/ha el cual ha disminuido hasta el tercer y cuarto donde el promedio es muy similar > 20 t/ha. El rango de datos del primer año entre el Altiplano Central y Sur es similar tanto en media de COS como en variabilidad de los datos.

Los datos muestran un comportamiento del Carbono Orgánico del Suelo a través de los años para cultivos en descanso, donde se aprecia que a partir de los 4 años se alcanza un nivel máximo de COS para luego disminuir. Durante los primeros años el suelo carece de COS y también de otros elementos debido al uso que se le ha dado durante los períodos productivos anteriores, por lo cual, el suelo es frágil durante ese período. Este caso es el que presenta el Altiplano Norte y de manera similar el Altiplano Central. Al respecto, no se ha encontrado estudios con condiciones similares a los del Altiplano de Bolivia para realizar comparativas.

En el caso de Limas, Estupiñan y Zenner al Polania (2020), al evaluar nexos entre la edad del barbecho y la alteración y recuperación del suelo encontraron que contenidos de Materia Orgánica para descansos largos o cortos fueron siempre altos, disminuyen elementos como el Fósforo y Manganeso, se mantienen los niveles de Sodio y Magnesio; el azufre, hierro, cobre y boro se mantienen y sus contenidos aumentan a través del tiempo, la textura no está afectada, pero los suelos no se recuperan al estado similar al que se encontraban en un inicio.

A pesar que los datos mencionados corresponden a pruebas en condiciones muy distintas, tanto en suelo como climáticas y geográficas, los resultados (Figura adjuntada en la parte de ANEXOS) de la prueba de Limas, Estupiñan y Zenner al Polania (2020), se tiene el Carbono Orgánico (CO) en porcentaje (%) el cual presenta un

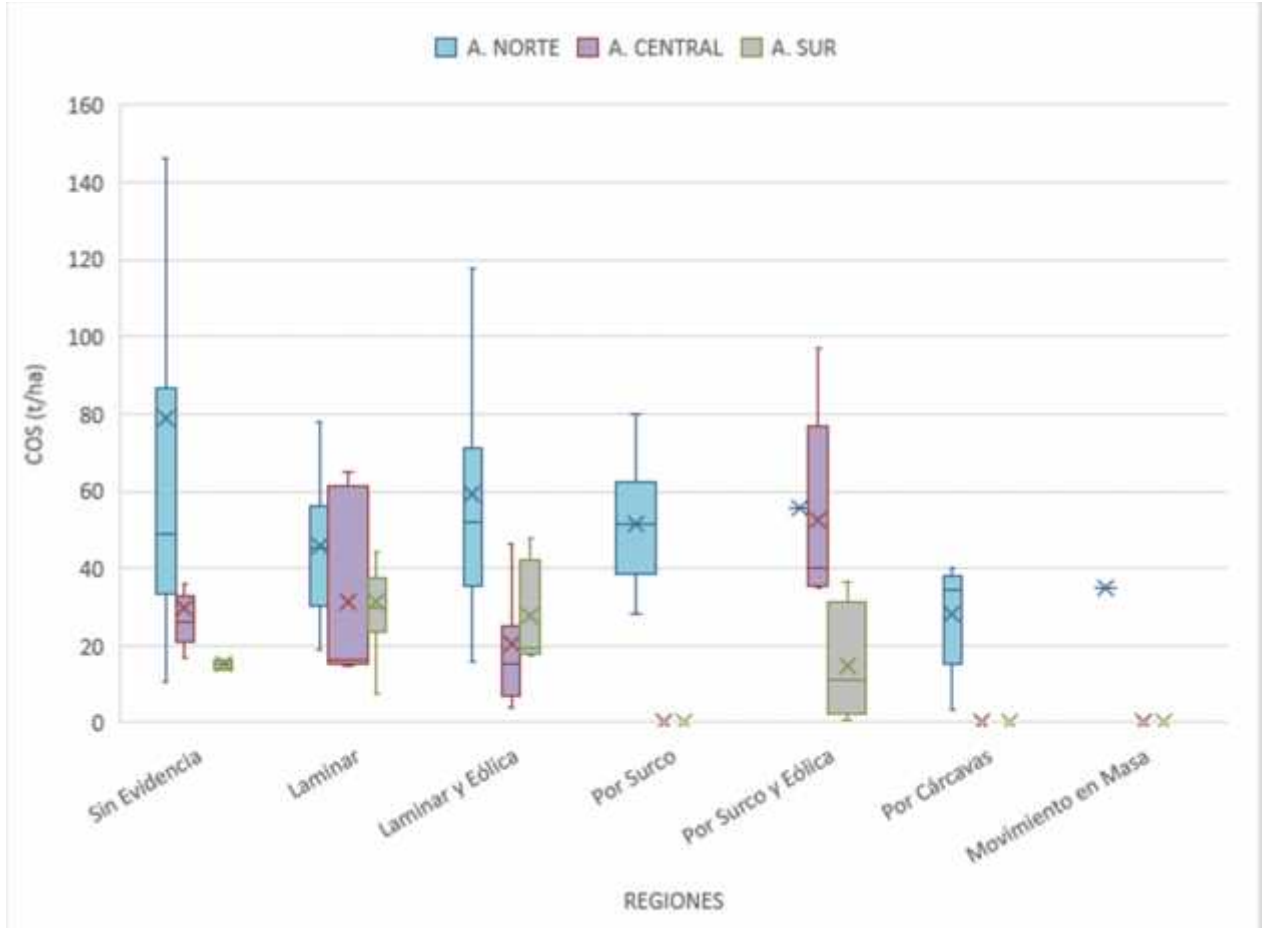
comportamiento muy similar, donde el CO eleva su valor de 7.4 % a 19 % hasta el cuarto año y posterior a eso ocurre un descenso del mismo hasta un 13% al sexto año y hasta 6.6% hasta 50 años en las que registró la prueba.

Al no existir mayores estudios, a causa del tiempo y recursos que se emplean en estudios de largo plazo, se puede concluir que los suelos del altiplano tienen comportamientos relativamente similares a otros suelos en relación a la acumulación de COS. Para el altiplano Norte y Central, ocurre una acumulación de COS debido al aumento de MO por la regeneración y de pastura nativa del lugar.

En el caso del Altiplano Sur se ha visto un comportamiento diferente, donde el primer año se registró una media <30 t/ha con mucha variación (de aprox. 10 t/ha a 50 t/ha) en los resultados de las muestras, el cual descendió hasta el tercer y cuarto año a una media de aprox. 18 t/ha.

El comportamiento del descenso en el valor de COS a partir del primer año puede deberse a las características propias del suelo de esta zona, donde el suelo presenta una textura arenosa la cual no es favorable para el almacenamiento de COS. Al respecto, Six et al. (2002, citado por Martínez et al., 2008) se refiere en términos de Materia Orgánica del Suelo, la cual puede ser protegida de la descomposición acelerada mediante la estabilización con la asociación de partículas de arcilla. Por lo tanto, la arcilla está asociada a el mantenimiento de la MOS y por lo tanto, del Carbono Orgánico del Suelo de la cual está constituida (Martínez et al., 2010) por lo tanto, el suelo arenoso del Altiplano Sur puede ser un factor que no coadyuve al mantenimiento del COS, y es por ello que el mismo desciende en su valor desde el primer año en el barbecho. Estos resultados registrados para el Altiplano Sur requieren mayor estudio y complementación del número de muestras para la corroboración de los datos obtenidos. Asimismo, se requieren pruebas puntuales respecto a COS y el tiempo de barbecho en cultivos para determinar el grado de significancia de los valores obtenidos.

4.2.4.3. Análisis del efecto de la Erosión



FUENTE: Elaboración Propia. Cos= Carbono Orgánico del suelo

Figura 4. COS analizado por tipos de erosión en regiones del Altiplano boliviano

Para los valores de COS representados en la Figura 4, los mismos están agrupados y analizados en función a la afectación por erosión en las diferentes zonas del Altiplano boliviano.

En la mayoría de los datos graficados existe una variabilidad alta, a excepción de los valores únicos que se distinguen solo por un punto (x). Las medias son diferentes entre las zonas del altiplano en la mayoría de los grupos de erosión, a diferencia de el grupo *Laminar*, en el cual las medias y el tamaño de la variación es similar en para las zonas del altiplano. Las zonas Central y sur no cuentan con datos registrados para erosión *por Surco*, *Por Cárcavas* y *Movimiento en Masa*.

Se utilizaron las clases de erosión de acuerdo a los registros detallados en las tesis, los cuales correspondían a las recomendaciones de FAO (2009) para la descripción de suelos. No se tomó en cuenta el grado de erosión debido a que no se contaban con la cantidad de datos suficiente como para realizar el análisis.

En el caso de “*Sin Evidencias*” el Altiplano Norte presente los mayores valores de COS, media de 80 t/ha aproximadamente, seguido del Altiplano Central, 30 t/ha, y Sur, 15 t/ha aproximadamente. Se puede ver que los valores de COS que no están afectados por erosión muestran predominancia en el Altiplano Norte.

Los grupos de erosión mostrados en la Figura 4, están ordenados con una tendencia que va de menor a mayor afectación de acuerdo al tipo de erosión, que va de laminar a movimiento en masa.

Por lo tanto, en el caso del Altiplano Norte se puede observar un comportamiento de descenso de la media que el tipo de erosión se agrava de erosión *Laminar* hasta llegar a *Movimiento en Masa*. Para el caso del Altiplano Sur este comportamiento es similar, disminuyendo el valor de COS desde *Laminar* hasta erosión *Por Surco* y *Eólica*.

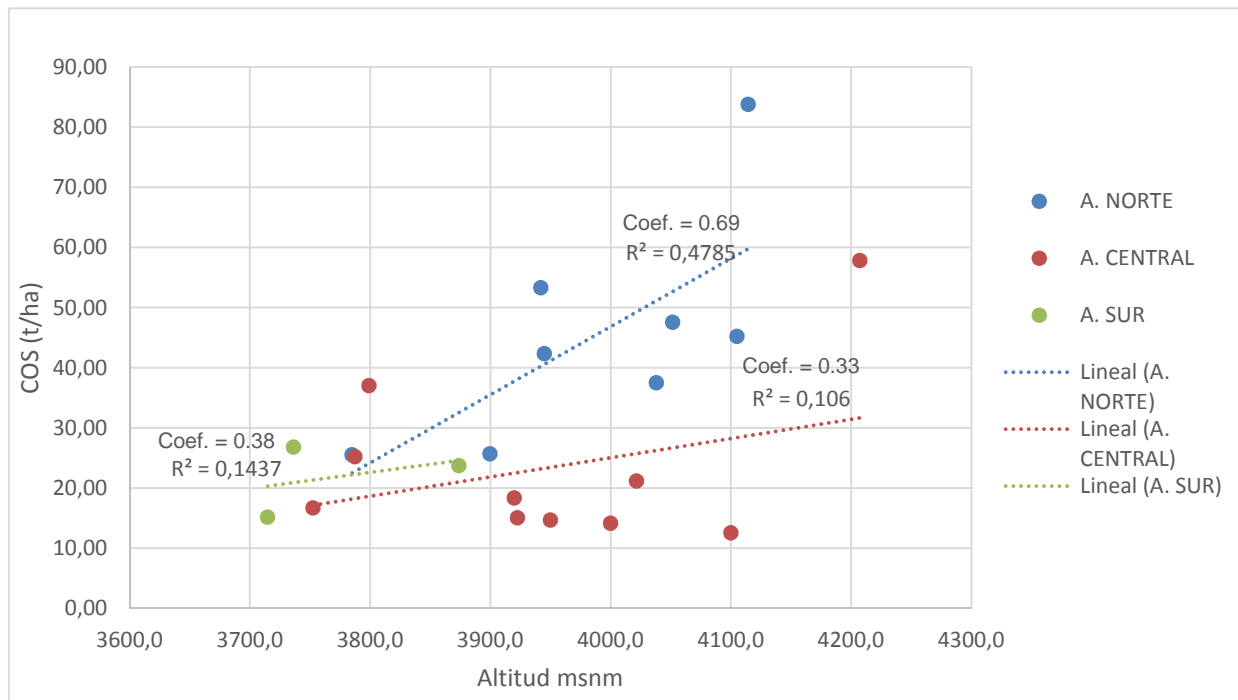
En el caso del altiplano Central se obtuvo un descenso en el COS entre la erosión *Laminar*, > 30 t/ha, hasta el tipo *Laminar* y *Eólica*, < 20 t/ha, pero la media para el tipo de erosión *Por surco* y *Eólica* ascendió bruscamente hasta aproximarse a 60 t/ha. En este caso, se requerirían estudios complementarios puntuales al respecto para corroborar los resultados obtenidos, ya que los mismos están sujetos a los datos registrados en las fuentes originales, como son, las tesis de grado.

Para todos los casos, de manera natural, la erosión afecta significativamente al almacenamiento de COS en el suelo, como lo señalan Lefèvre et al. (2017) mencionando que el COS es arrastrado por la erosión. Por lo tanto, se constituye en un factor físico externo importante para la conservación de las reservas de Carbono Orgánico en el suelo.

De los resultados para las correlaciones realizadas para los factores climáticos y de relieve, tenemos para la Altitud para la cual, debido a las características reiterativas de los datos de altitud, se realizó un promedio con los valores de Carbono Orgánico del

Suelo (COS) mediante el cual se realizó la correlación obteniendo los resultados graficados en la Figura un coeficiente 0.69 para el Altiplano Norte, 0.33 para el altiplano Central y 0.38 para el Altiplano Sur.

4.2.4.4. Análisis del efecto de la Altitud



COS = Carbono Orgánico del suelo; msnm = metros sobre el nivel del mar; Coef. = Coeficiente de correlación.

FUENTE: Elaboración Propia

Figura 5. Correlación COS y Altitud promedios en regiones del Altiplano boliviano

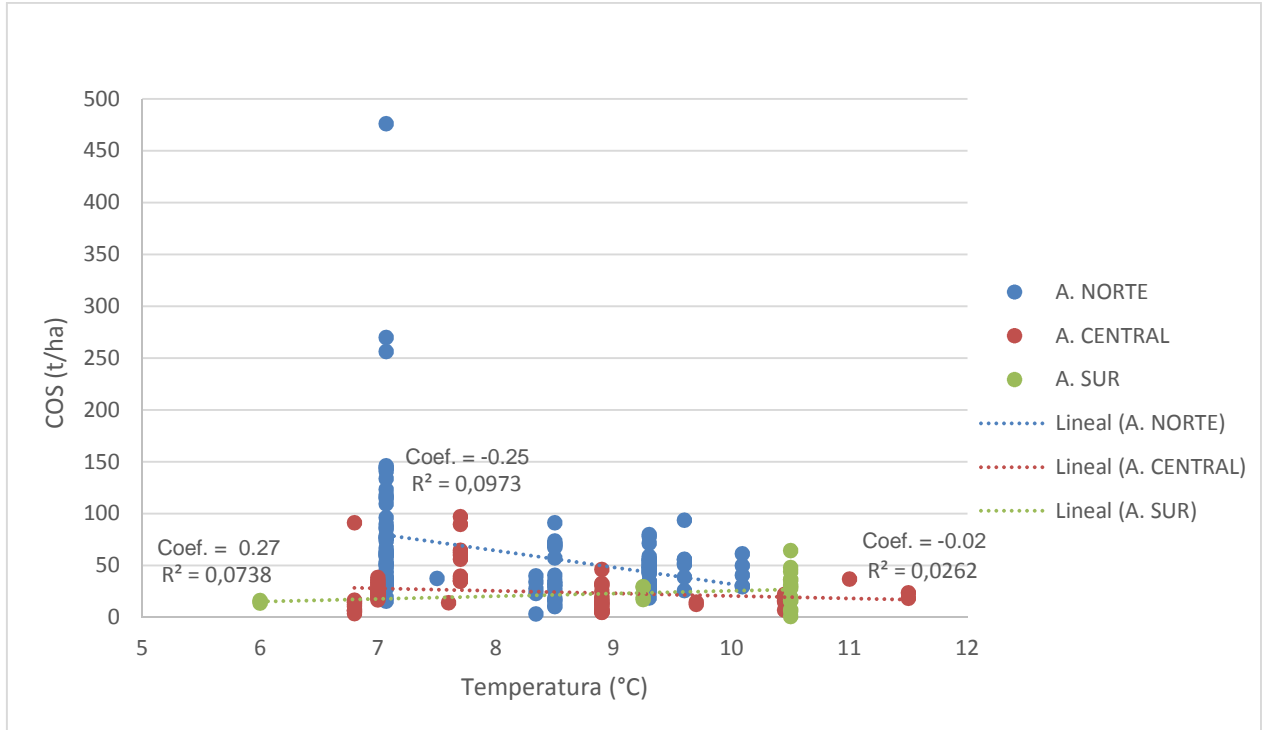
En todos los casos se aprecia que hay una tendencia de crecimiento proporcional de los valores de COS en relación a la Altitud. Estudios recientes realizados, como Huamán et al. (2021), afirman contundentemente que a mayor altitud se han descrito mayores cantidades de COS almacenados en el suelo. En el caso del presente estudio, el coeficiente de variación (r^2) indica que los datos de COS están relacionados en un 47% con la Altitud en el Altiplano Norte para la obtención de dichos valores, 11%, para el altiplano Central y 14% para el Altiplano Sur. Se aprecia que, en el Altiplano Norte, la Altitud afecta de manera significativa a los valores de COS, siendo superior al 25%. En las demás zonas la altitud afecta en menor significancia.

Al respecto, Solano et al. (2018), afirman que las reservas de Carbono en ecosistemas de matorral son más altos a mayor altitud y más bajos a menor altitud, con una correlación positiva de 0,748. Para herbazales de zonas áridas, Pastor et al. (2015), reportan resultados similares, donde las reservas de Carbono Orgánico en el suelo incrementan su contenido a mayores altitudes, mostrando una correlación positiva $r = 0,77$. (Huamán et al., 2021).

De la figura anteriormente referida, se han obtenido correlaciones positivas en todos los casos para las zonas del Altiplano boliviano, lo cual, indica que la Altitud es un factor proporcional con los valores de COS, aunque la correlación tiene una mayor tendencia en el Altiplano Norte, por ser el valor más cercano a 1, que indica que los valores de COS están estrechamente relacionados para la Altitud, en comparación a los Altiplanos Central y Sur que son similares entre sí y de menor proporción en el coeficiente, por lo tanto, indican que los valores de COS, están en menor proporción relacionados con la Altitud.

Las características de suelo propias de las diferentes zonas del Altiplano están relacionadas con los resultados de correlación, tal como lo indican autores como Páliz, (2016), afirman que la altitud en realidad está asociada a la textura del suelo, ya que el COS se acumularía por la densidad que se genera y es característica de suelos de tierras altas.

4.2.4.5. Análisis del efecto de la Temperatura y la Precipitación

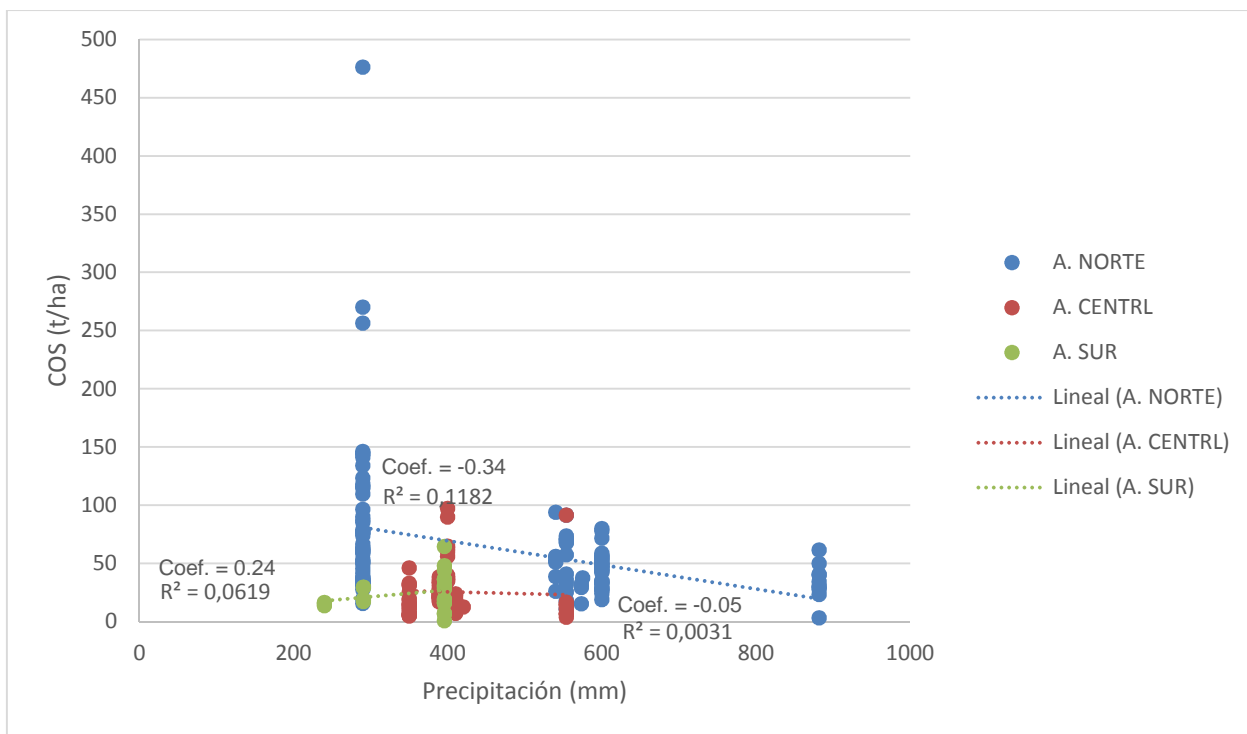


FUENTE: Elaboración Propia. Cos= Carbono Orgánico del suelo; Coef. = Coeficiente de Correlación

Figura 6. Relación de COS y Temperatura en regiones del Altiplano boliviano

En las Figuras 6 y 7, se pueden observar una tendencia la cual en mayor parte es inversa para los parámetros de Temperatura y Precipitación en relación al Carbono Orgánico del Suelo (COS). Para estos factores se han registrado las medias anuales. Para el Altiplano Norte Y Central las correlaciones son inversas (-0.31 y -0.16, respectivamente), con un porcentaje de 10 y 3% de determinación de los datos de Temperatura a los valores de COS. En el caso del Altiplano Sur, la tendencia ha resultado proporcional con un valor de 7% de determinación.

Para los datos de temperatura, Huamán et al. (2021), en cuanto a la relación temperatura y el Carbono Orgánico del Suelo, indica que existe una relación inversa, lo que indica que a menor temperatura del suelo existe mayor acumulación de COS con un $r^2 = 0,70$, según datos hallados por la referencia.



FUENTE: Elaboración Propia. **Cos**= Carbono Orgánico del suelo; **Coef.** = Coeficiente de Correlación

Figura 7. Relación del COS y la Precipitación en regiones del Altiplano boliviano

Huamán et al. (2021), también menciona a autores como Solano et al. (2018), (Hunt et al., 2020), y que es confirmada por Luo et al. (2017) y Quesada et al. (2020), que afirman que uno de los factores que controlan la descomposición de la materia orgánica es la temperatura (baja) del suelo. A su vez, Mogollón et al. (2015) indica que las temperaturas más bajas disminuyen la tasa de descomposición de la MOS y propician un mayor tiempo de residencia del CO en el suelo, producto de una disminución de la respiración edáfica, lo cual reduce las pérdidas de Carbono.

Respecto a la precipitación, graficada en la Figura 7, ha presentado una notoriamente inversa para los Altiplanos Norte y Central (-0.34 y -0.05, respectivamente), con determinaciones bajas, para el Altiplano Norte con 12% en el caso del Altiplano Central, igual al 0.3%.

En el caso del Altiplano Sur, se tiene una correlación positiva, lo cual indica que a mayor Precipitación se genera un mayor almacenaje de COS, aunque el coeficiente de determinación es bajo e indica que sólo en un 6% los resultados de COS estarían

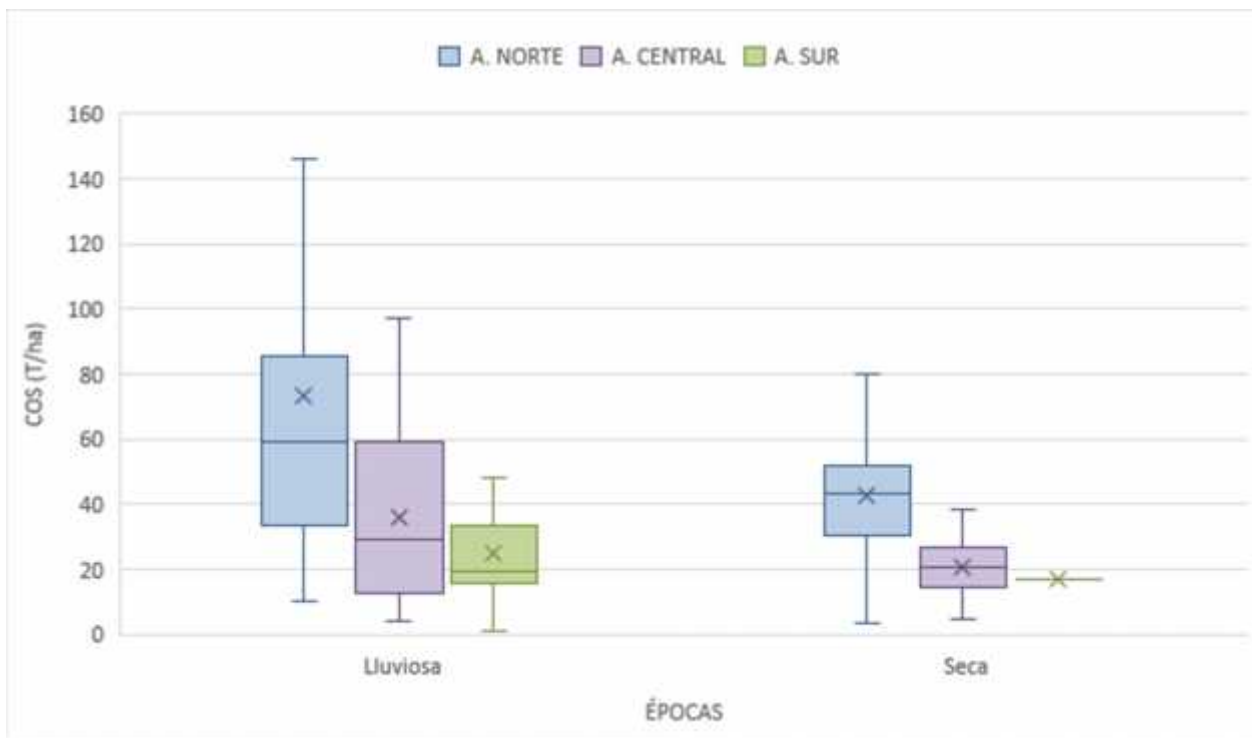
influenciados por la Precipitación. Los datos anteriores sugieren, por la distribución de los mismo, que estos requieren mayor detalle de investigación respecto a los registros de precipitación, al igual que con los registros de temperatura. En otros estudios, para suelos del caribe se han encontrado relaciones directas entre el aumento de COS y la precipitación, y algo similar ocurrió en zonas áridas de altitudes menores, pero también una mayor acumulación de biomasa en zonas altas. (Mogollón et al., 2015).

En el presente estudio, se ha visto que, inicialmente los datos han mostrado una alta variabilidad por las regiones de las cuales se tomaron los datos y variabilidad en los registros climáticos debido a las diferencias entre las muestras, lo cual ha generado resultados con significancia muy baja. Por lo tanto, es necesario un análisis con corroboraciones de los registros climatológicos, donde principalmente se revisen datos puntuales de temperatura y precipitación de los lugares específicos, ayudando a incrementar la precisión para realizar el estudio por zonas obteniéndose mayores detalles que facilitarían el estudio del COS.

4.2.4.6. Análisis del COS por Épocas

En la Figura 8 se grafica la comparación de épocas lluviosa y seca, de acuerdo a los registros de las tesis, los cuales, por la naturaleza de las fechas indicadas, presentan un nivel de mayor exactitud en comparación a los registros de terceros, en los cuales, se han apoyado los trabajos de investigación de tesis analizadas, como lo son, registros climáticos los cuales no se pueden corroborar con facilidad. En la figura referida, se observa que los valores de media de Carbono Orgánico del Suelo (COS), para la época lluviosa son en general superiores a los de la época seca.

Para la Época Lluviosa, se tiene una media de >73 t/ha para el Altiplano Norte, >35 t/ha para el Central y >25 t/ha para el Sur, aproximadamente. En general, presentan una variación alta y similar entre datos para el Altiplano Norte y Central, y una variación menor para el Altiplano Sur.



FUENTE: Elaboración Propia. Cos= Carbono Orgánico del suelo

Figura 8. COS de acuerdo a épocas en las regiones del Altiplano boliviano

En el caso de la Época Seca, se tiene una media de >42 t/ha para el Altiplano Norte, >20 t/ha para el Central y >17 t/ha para el Sur, aproximadamente. Donde, las variaciones entre datos son bajas y similares para el Altiplano Norte y Central y casi nulas para el Altiplano Sur.

Los resultados respecto a las diferentes zonas del altiplano corresponden a los datos obtenidos anteriormente, siendo el Altiplano Norte el que presentaba una mayor media debido a las condiciones que este presentaba siendo favorables en mayor medida para el almacenamiento de COS en comparación al Altiplano Central o, en menor medida, en comparación con el Altiplano Sur.

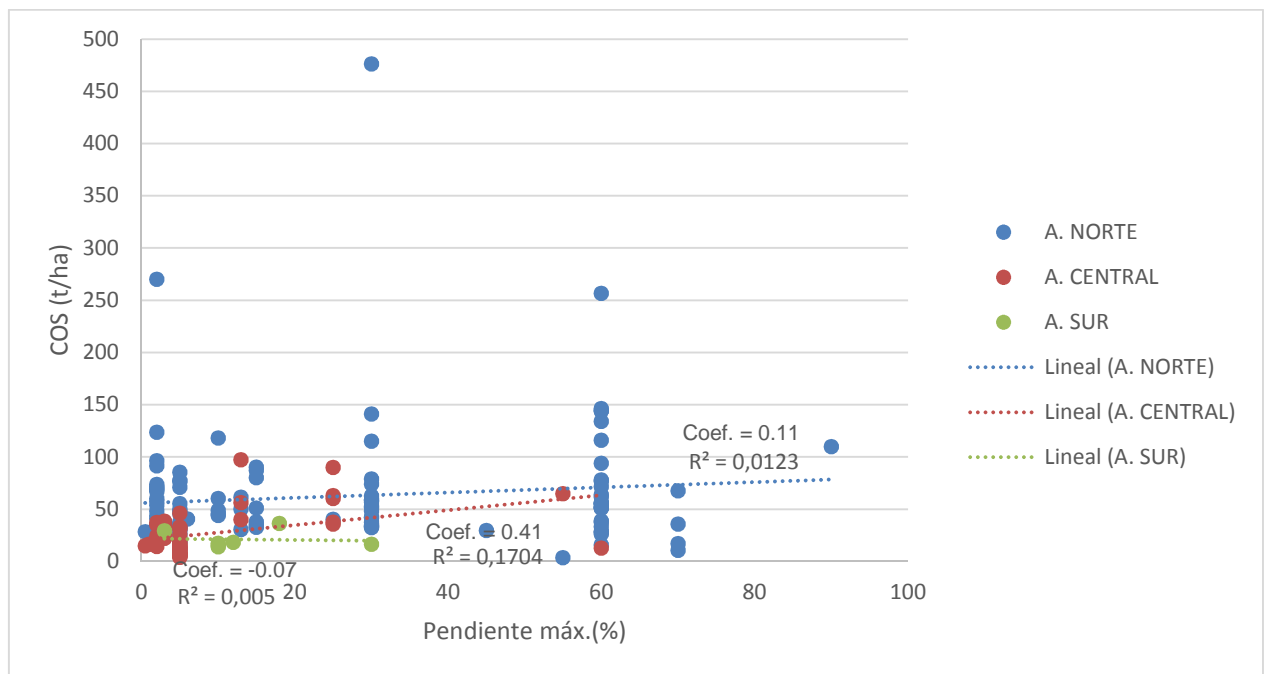
El análisis por Épocas muestra de manera precisa la diferencia existente entre épocas, existiendo un incremento del 73% de COS de la Época Seca a la Lluviosa para el Altiplano Norte, de 75% en el Central y un 47% de incremento en el Altiplano Sur. Según Hernández (2010), esto se debe a que la saturación de agua favorece a la acumulación de Carbono debido a que disminuye velocidad de descomposición de la

materia orgánica. Por otra parte, Mogollón et al. (2015), aclara que existe también una relación entre la Altitud y la Precipitación, ya que a medida que ascendió en el gradiente altitudinal, se incrementaron los valores de precipitación y esto propició un incremento de las reservas de COS.

Por otra parte, el análisis de épocas puede ser corroborado para mayor exactitud, de la manera que la plantea Martínez et al. (2008), donde se tomaron muestras de suelo de los mismos puntos en diferentes fechas correlacionales durante la época seca y lluviosa, generándose resultados como el incremento en el valor de COS de manera paulatina en función a cómo transcurría la época de lluvias, generándose una curva ascendente de incremento. Concordando los datos con el incremento con la época de Lluvias, se pueden realizar corroboraciones para un mismo punto de muestreo para tener resultados de mayor precisión.

4.2.4.7. Análisis del efecto de la Pendiente

Para el caso de la Pendiente, se procedió a realizar un análisis estadístico del efecto que pueda tener la misma en relación a la acumulación de COS, para lo cual se contaba con datos de pendiente máxima. Los resultados se muestran a continuación en la Figura 9.



FUENTE: Elaboración Propia. **Cos**= Carbono Orgánico del suelo

Figura 9. Relación del COS y la Pendiente en regiones del Altiplano boliviano

El gráfico anterior muestra correlaciones positivas para los Altiplanos Norte y Central (0.11 y 0.41, respectivamente, con una determinación baja del 11% y 17 %, respectivamente. En el caso de del altiplano Sur, los resultados indican una correlación inversa, pero con resultados muy bajos, < al 1% de determinación, lo que indicaría un efecto nulo para esta zona.

En estudios realizados por Madrigal et al. (2019) donde realizaron estudios de COS con diferentes tipos de pinos y pendientes, se obtuvieron resultados proporcionales y en algunos casos inversos para pendientes menores y en función al tipo de cobertura vegetal. Respecto a pendientes y materia orgánica, González et al. (2008) señalaron que en la mayoría de los ecosistemas vegetales hay una tendencia a concentrar mayor cantidad de COS en la posición inferior de las laderas. Por lo cual, la relación estaría en realidad más afectada por la cobertura vegetal y tipo de esta, como también, las características de la ubicación.

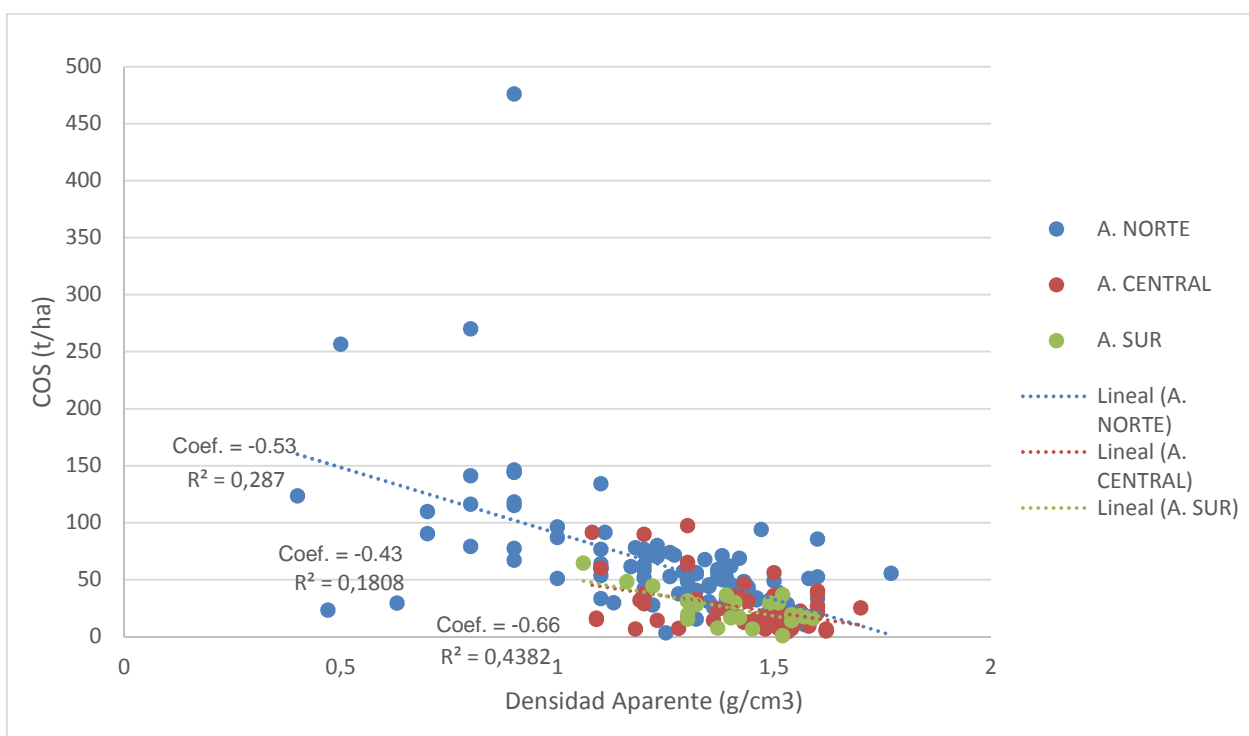
En el caso del Altiplano Norte, no se tienen datos significativos de la relación entre los valores de COS en relación a la pendiente. En el Altiplano Central si existen datos significativos, que tienen relación en casi el 50% de efecto de la Pendiente. En el Altiplano Sur, el análisis de la Pendiente carece de significancia. Esto se debería a la naturaleza de los datos que se utilizaron para la realización de los análisis, los cuales, según se apreció en los detalles de los registros, presentaban a la Pendiente como un dato complementario y no como una variable principal, por lo cual, sumado a que el efecto de la pendiente en realidad está asociado a la cobertura vegetal y a la localización, se concluye que los datos para Pendiente requieren complementación o una corroboración para la realización de un ajuste en los mismos.

4.2.5. Propiedades físicas del suelo. Análisis de la Densidad Aparente

En el análisis de correlación de COS con la Densidad aparente, graficado en la Figura 10, se pudo ver que las correlaciones en todos los casos son negativas (-0.53, -0.43 y -0.66), indicando que este factor presenta una correlación inversamente proporcional al aumento en el almacenamiento de Carbono Orgánico del Suelo (COS). Esto está

determinado en un 28% de efecto de la Densidad aparente en el almacenaje de Carbono para el Altiplano Norte, 43% para el Altiplano Central y un 66% para el Altiplano Sur. Por lo tanto, se afirma que los valores son significativos y que el factor analizado afecta en un porcentaje a que los valores de COS en el suelo.

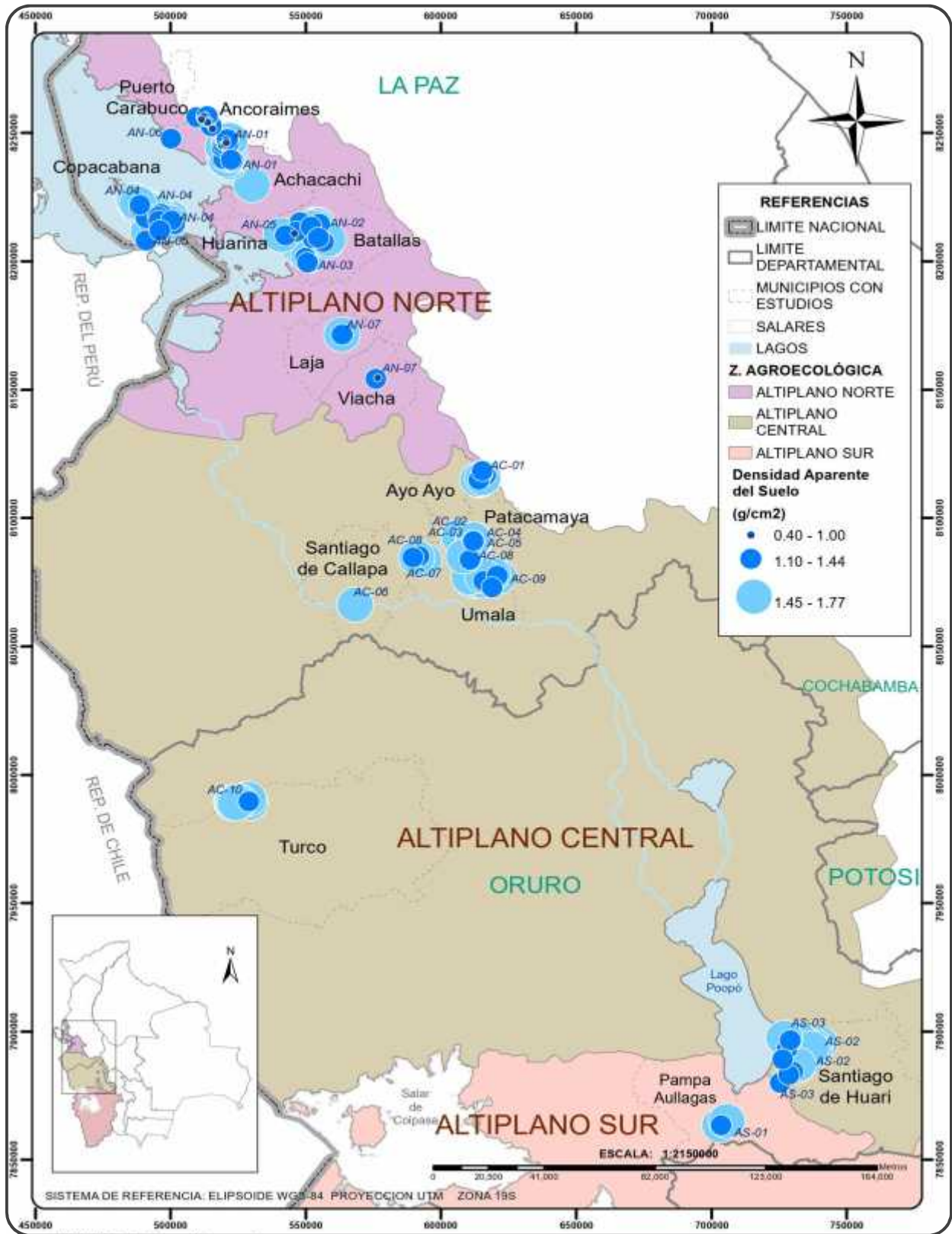
La Densidad aparente es una característica física del suelo propia de cada zona y de cada lugar del Altiplano, relacionada estrechamente con la textura del mismo, dependiendo principalmente de la cantidad de arena o arcilla que contenga el suelo que influye en la acumulación de Materia Orgánica y otros elementos. Por lo tanto, mientras menor sea la densidad, es más favorable para el almacenamiento de COS.



FUENTE: Elaboración Propia. COS= Carbono Orgánico del suelo

Figura 10. Relación del COS y la Densidad aparente en regiones del Altiplano boliviano

Al respecto, Martínez et al. (2008), explica y hace referencia acerca de la Densidad aparente que es una propiedad del suelo que influye en la capacidad de acumulación de Materia Orgánica en relación a la porosidad, que a su vez influye en la capacidad de retención de agua, mejor penetración de la Materia Orgánica y partes subterráneas de la cobertura vegetal como raíces.



MAPA 5. Densidad aparente del Suelo en zonas de la región Andina de Bolivia

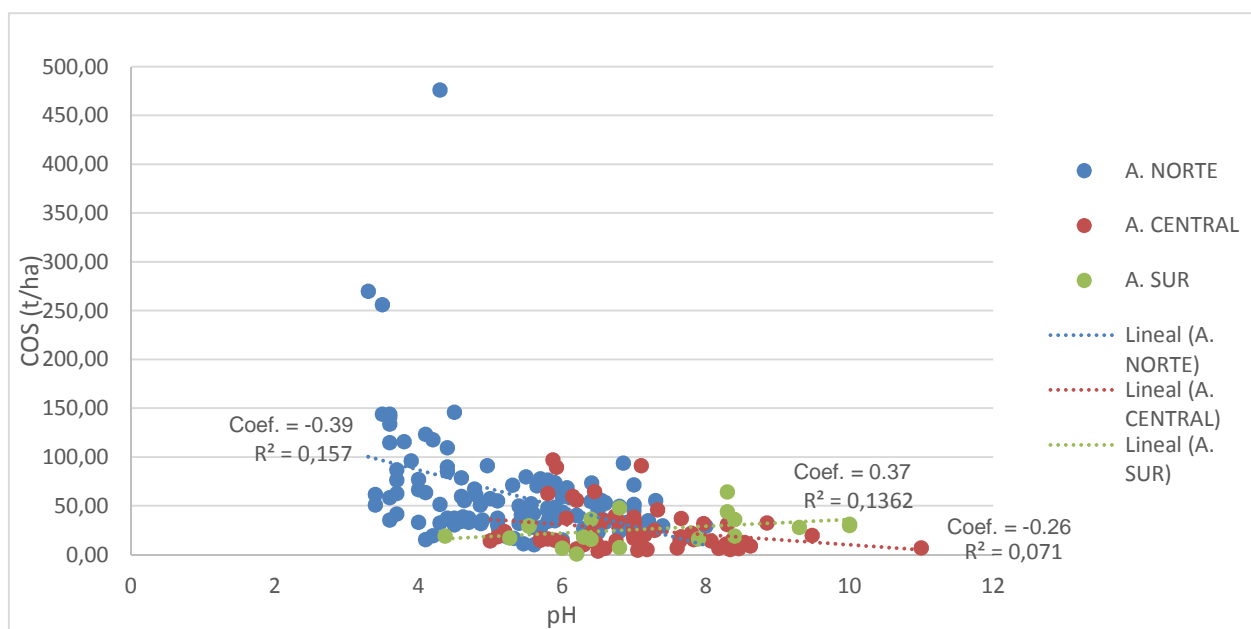
Los resultados obtenidos en el presente análisis son similares a los estudios de Salamanca y Sadeghian (2005), donde los resultados obtenidos mostraban claramente la relación inversa entre la densidad aparente y el incremento de COS.

En el Mapa 5, se puede apreciar la distribución obtenida de la Densidad Aparente en las zonas del Altiplano en la presente investigación. Los datos muestran valores más altos y medio para zonas como los Altiplano Central y Sur. Densidades bajas del altiplano Norte se encuentran en los municipios de Ancoraimes y Batallas. En el caso de Ancoraimes, presenta valores atípicos debido a la cobertura vegetal, *Bofedales*, los cuales presentan un alto porcentaje de Materia Orgánica, por lo tanto, genera una densidad baja generando un suelo más liviano y menos compacto en comparación de otras zonas.

4.2.6. Propiedades químicas del suelo

4.2.6.1. Análisis de pH

En la Figura 11 se muestra la relación del pH y los valores de COS para las diferentes zonas del Altiplano, en el cual, se aprecia una tendencia de correlación inversa para el Altiplano Norte y Central, donde el pH influyen en los valores del COS en un 16% y un 7 %, respectivamente.



FUENTE: Elaboración Propia. COS= Carbono Orgánico del suelo

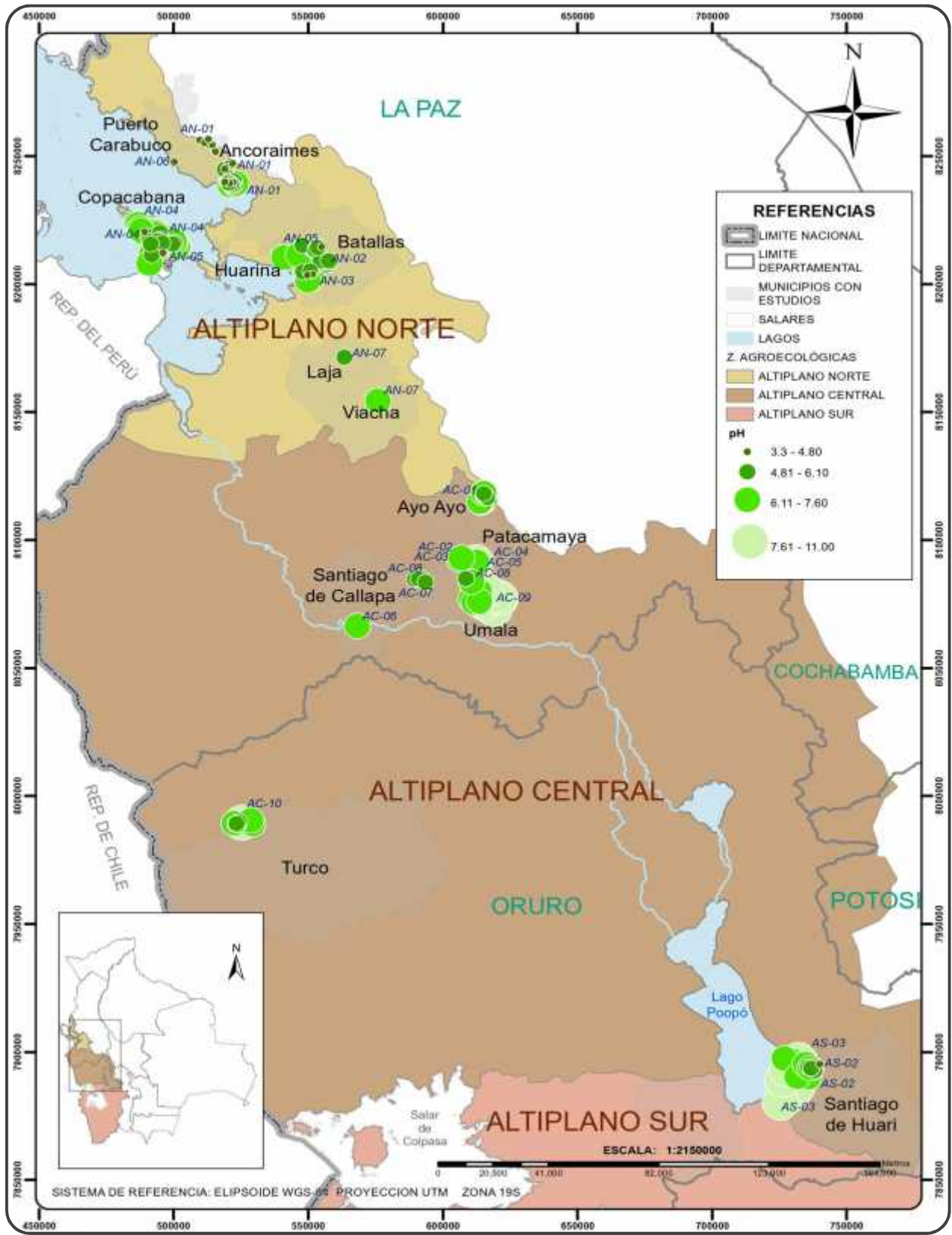
Figura 11. Relación COS y pH del Suelo en regiones del Altiplano boliviano

En el caso del Altiplano Sur, este obtuvo un valor de correlación proporcional con una determinación el 14%, los cuales son resultados que no concuerdan con los datos de otras zonas ni con otras pruebas realizadas por otros autores.

Según Aguilera (2000), el vínculo entre COS y el pH se debe a la relación de ambos con la Materia Orgánica (MO), ya que en el suelo afecta la reacción del pH de este debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno presente en los residuos orgánicos aportados al suelo. Por lo tanto, ya que en el Altiplano Norte existe una mayor cantidad de MO, por lo tanto, mayor cantidad de COS, se registra un pH del suelo más bajo en comparación a las demás zonas. Un factor que se distingue del Altiplano Norte analizado es la cantidad de muestras para esta zona, también genera mayor confiabilidad en los resultados para ser analizados, en comparación de las demás zonas, en particular, el Altiplano Sur, para el cual se han generado los resultados descritos anteriormente habiendo sido trabajados con aproximadamente 22 datos (Ver Cuadro 1), generando menor variación entre muestras pero con resultados que requieren de mayor densidad muestral para tener mayor precisión.

En el Mapa 6, se aprecian los diferentes grados de pH distribuidos en las diferentes zonas del Altiplano donde se realizaron los trabajos de tesis de grado que proporcionaron los datos.

Para el Altiplano Norte se observan valores bajos de 3.30 a 4.80 (extremadamente ácidos y muy fuertemente ácidos) por el municipio de Ancoraimes, Copacabana y Batallas donde se tienen los valores más bajos en pH. En el Altiplano Central y Sur se tienen resultados que indican suelos que van de 4.81 a 7.60 (Fuertemente ácidos a medianamente básicos) en diferentes lugares, hasta zonas donde se tienen valores de >7.61 a 11 (medianamente básico a fuertemente alcalinos). En el Altiplano Sur el único registro que presenta un pH fuertemente ácido es en el municipio de Santiago de Huari, cerca del Lago Poopó. Los lugares indicados con pH bajo presentan valores altos y extremadamente altos (atípicos) de COS.

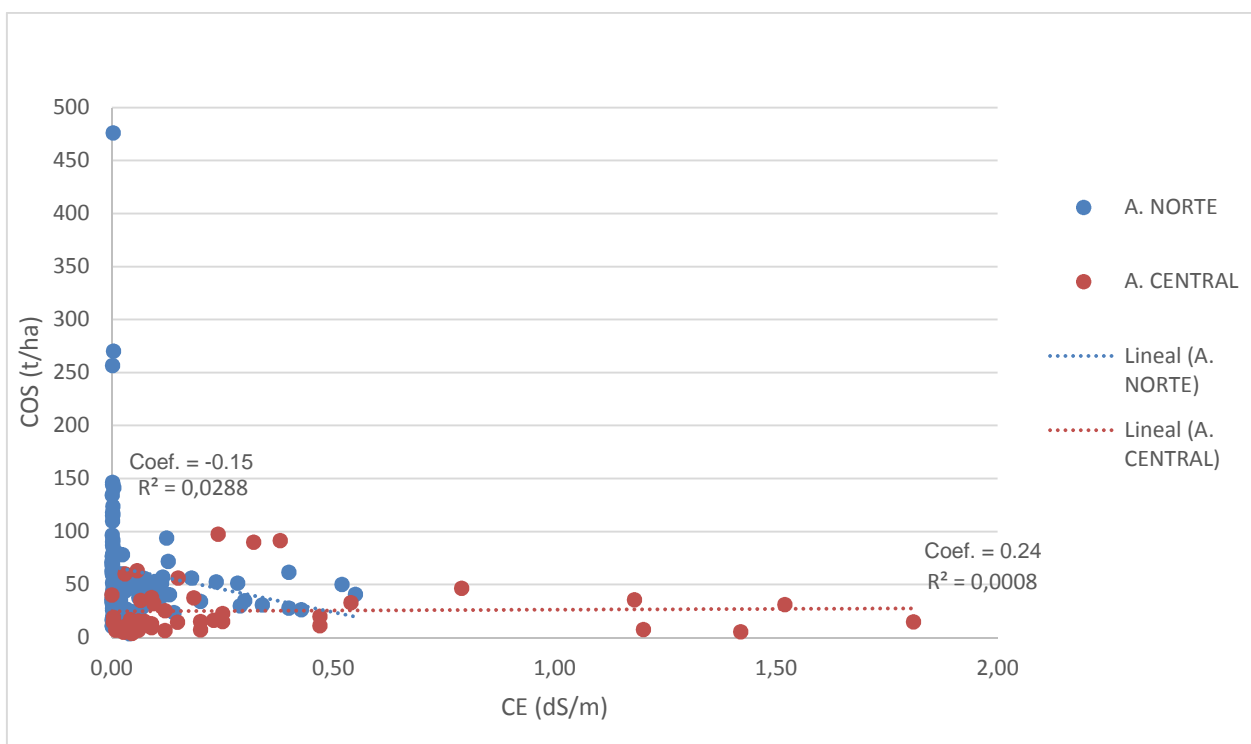


MAPA 6. Distribución del pH en zonas de la región Andina de Bolivia

Según literatura consultada, la acción y el valor real del pH en el suelo es un resultado de la interacción del suelo con la Materia Orgánica, la cual, es la base para la obtención o cálculo del COS. De acuerdo a lo expuesto, Martínez et al. (2008) el papel de la Materia Orgánica del Suelo es muy distinto a indica que la MOS tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido y tiende a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino. Por lo tanto, la Materia Orgánica tiene un efecto regulador.

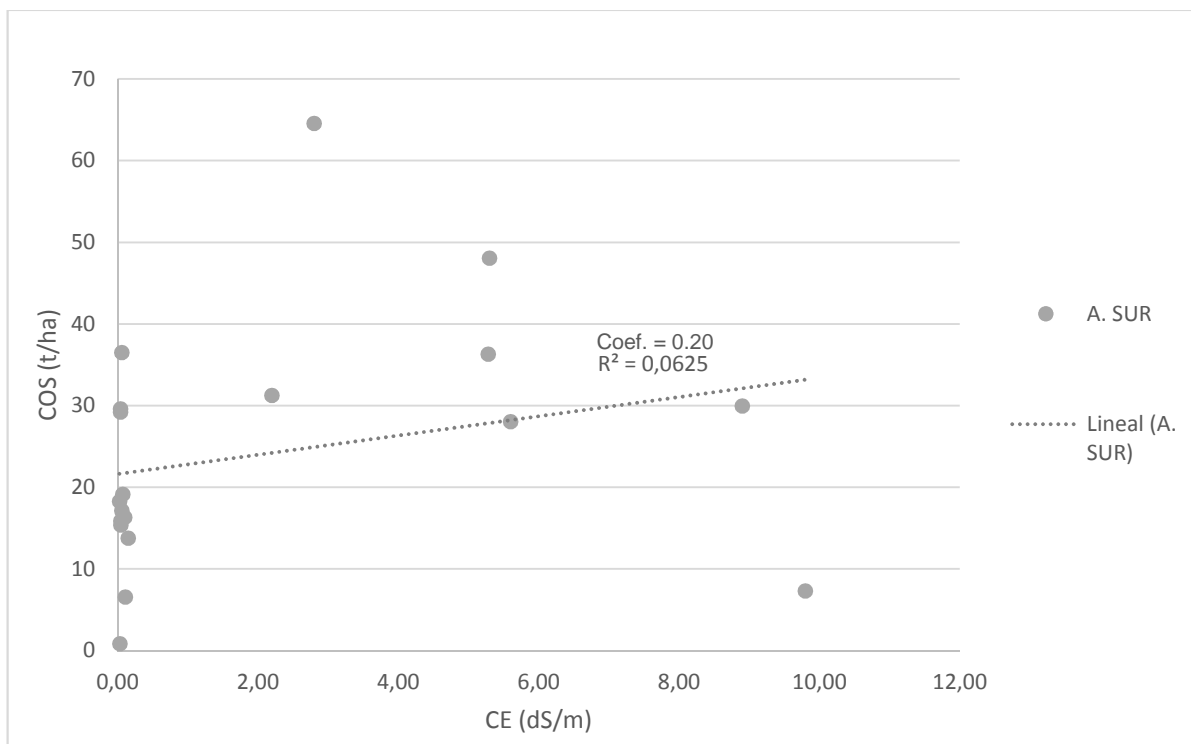
4.2.6.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Para los resultados de la correlación entre el Carbono Orgánico del Suelo (COS) y la Conductividad Eléctrica (CE) en la Figura 12 para el Altiplano Norte se obtuvo una correlación inversamente proporcional, lo que indica que los valores de COS aumentan con CE afectando en un 3% para esta zona. En el caso del Altiplano Central se obtenido una correlación proporcional, pero se ha visto que los resultados no son considerables debido a la determinación de esta correlación tiene un valor muy inferior al 1%.



FUENTE: Elaboración Propia. Cos = Carbono Orgánico del suelo; CE = Conductividad Eléctrica

Figura 12. Relación del COS y la CE en el Altiplano Norte y Central



FUENTE: Elaboración Propia. Cos = Carbono Orgánico del suelo; CE = Conductividad Eléctrica

Figura 13. COS y CE en el Altiplano Sur de Bolivia

En la Figura 13 se muestra la tendencia de la relación de COS y CE para el Altiplano Sur el cual ha generado un resultado proporcional con un porcentaje de influencia del 6% en el valor del COS. Se separó en una figura distintas para un mejor planteado de los puntos, ya que esta zona presenta valores altos de CE que alcanzan los 10 dS/m.

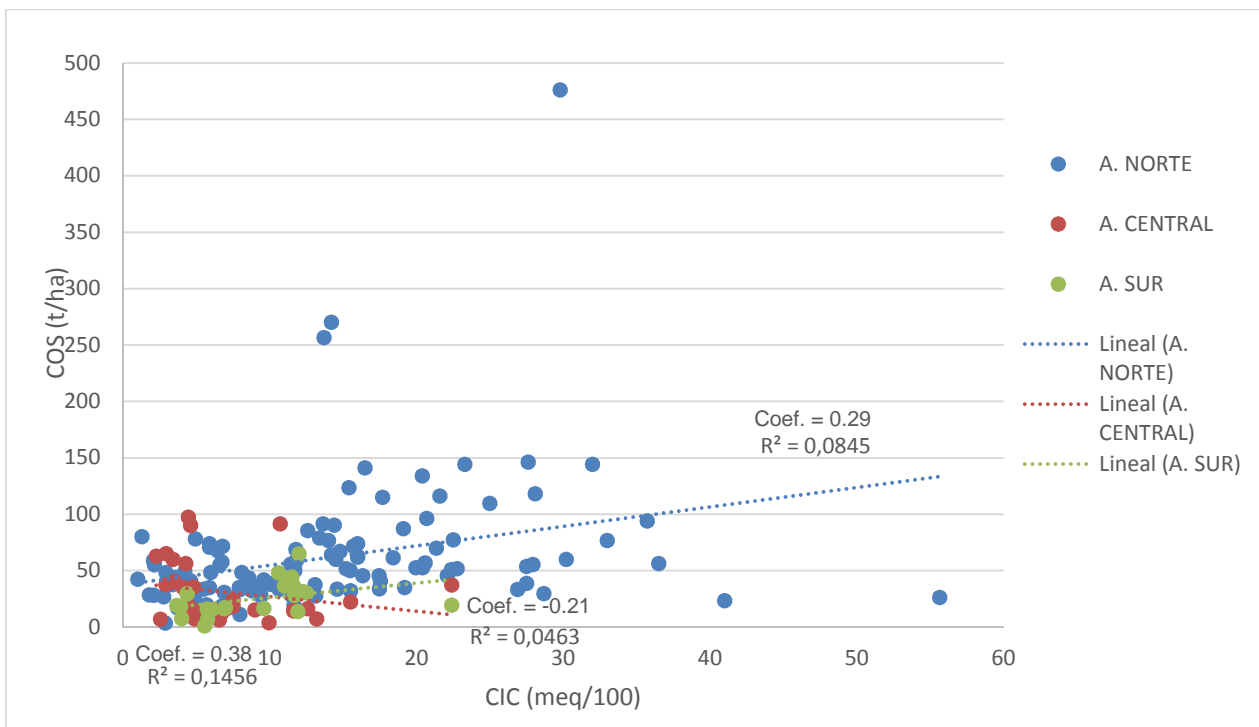
De acuerdo a FAO (2021), la conductividad eléctrica (CE) es un método indirecto de medir la salinidad en los suelos, pero para ello esta se encuentra íntimamente relacionada con el pH y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) o la relación de absorción de sodio (RAS); Suelos Salinos: CE > 4 dS/m, pH < 8.5, y PSI < 15 (or RAS < 13) Sódicos: CE < 4 dS/m, pH > 8.5, y PSI > 15 (RAS > 13); Suelos salinos-sódicos: CE > 4 dS/m, pH < 8.5, y PSI > 15 (o RAS > 13).

Para el presente estudio, no se contaba con los valores de RAS y PSI pertinentes, por lo cual, se ha procedido a realizar un análisis mediante los datos proporcionados por las tesis de grado.

No se ha encontrado respaldos de otros trabajos que puntualicen acerca del COS en relación al CE como tal, se encontró a autores como Mederos et al. (2010) que mencionan acerca el aumento de la salinidad, la cual, interfiere en la retención de humedad de los suelos, aumenta la conductividad y reduce la estabilidad de los agregados del suelo. Indicando además que la Materia Orgánica regula los niveles de Salinidad ante suelos deteriorados, donde la materia orgánica autóctona amortigua mejor los efectos de los problemas de salinidad que la materia orgánica añadida.

Por lo tanto, los valores a la CE óptimos para una mejor acumulación de COS son valores bajos de CE, buscando la obtención de correlaciones inversamente proporcionales. En el caso del Altiplano Norte se tienen resultados concordantes, pero con bajo porcentaje de determinación de efecto sobre el valor del COS (3%). Los resultados para los Altiplanos Central y Sur con significancia extremadamente baja indican que se requieren mayores datos para un análisis específico acerca de la relación de COS y CE de manera puntual tomando en cuenta los factores correspondientes para tal investigación.

4.2.6.3. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)



FUENTE: Elaboración Propia. Cos = Carbono Orgánico del suelo; CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico

Figura 14. Relación del COS y CIC en regiones del Altiplano boliviano

Respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y el Carbono Orgánico del Suelo (COS), en la Figura 14 se muestran los valores de correlación en relación al COS para las diferentes zonas del Altiplano boliviano.

En la figura referida, se muestran los valores de CIC y COS para el Altiplano Norte y Sur, los cuales, son proporcionales y tienen baja determinación en relación al efecto de la CIC en el almacenamiento de COS, 6% y 14%, respectivamente. Por lo tanto, ante un valor mayor de CIC se tendrán también valores proporcionales de COS.

La capacidad de intercambio de cationes aumenta en función del incremento de la materia orgánica. La biodisponibilidad de otros elementos importantes tales como el fósforo podrán mejorar y la toxicidad de otros elementos podrá ser inhibida por la formación de quelatos u otras uniones, por ejemplo, aluminio y materia orgánica (FAO, 2021).

El COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos deficitarios. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes. El COS asociado a la Materia Orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico (Martínez et al., 2008).

El mismo autor señala en sus estudios que la Capacidad de Intercambio Catiónico tiene ciertas condiciones para ser medido de manera óptima, como pH y distinciones en los mismos tipos de CIC. Al diferir los resultados para el Altiplano Central presentando significancias muy bajas, implica que se requieren más investigaciones en condiciones adecuadas para el análisis del COS en relación a la CIC específicamente en los suelos de la Región Andina.

4.2.6.4. Relación del COS con macronutrientes y otros elementos del suelo

En el Cuadro 3 se muestran los valores de Correlación encontrados para los diferentes macronutrientes (N, P, K) y secundarios (Mg, Ca) otros que se consideraron en pocos estudios en la Región Andina, como el Aluminio (Al).

Cuadro 3. Análisis de la correlación de COS con macronutrientes, Sodio y Aluminio

Elemento	ALTIPLANO NORTE			ALTIPLANO CENTRAL			ALTIPLANO SUR		
	N°	COEF.	R ² (%)	N°	COEF.	R ² (%)	N°	COEF.	R ² (%)
N	112	-0.03	0.1	40	0.43	3	22	0.92	85
P	118	0.18	3	49	-0.13	2	22	0.66	43
K	110	0.32	10	39	0.02	0.05	22	0.71	50
Ca	111	0.13	2	34	0.09	0.8	22	0.57	33
Mg	27	0.13	2	34	0.32	11	22	0.57	33
Na	109	0.11	1	23	0.02	0.04	22	0.16	3
Al	1	0	0	2	-1	100	4	-0.58	34

FUENTE: Elaboración Propia. **Cos** = Carbono Orgánico del suelo; **N°** = Número de muestras; **COEF.** = Coeficiente de Correlación; **R2** = Coeficiente de variación; **N** = Nitrógeno; **P** = Fósforo; **K** = Potasio; **Ca** = Calcio; **Mg** = Magnesio; **Na** = Sodio; **Al** = Aluminio

Los macro nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio), disponibles en cantidad y que alimentan las plantas; y hay los micro nutrientes (zinc, boro, molibdeno, manganeso, cloro y cobre) en menor cantidad, pero también indispensables para las plantas (FAO, 1999)

Para el caso de los macronutrientes del Altiplano Norte, los mismos presentan en general datos de baja correlación en su gran mayoría proporcional. El coeficiente de determinación que indica el efecto de los factores sobre el Carbono Orgánico del Suelo, no supera el 10% y en algunos casos es cercano al 0%. Los datos han sido obtenidos de una densidad de muestras superior al 109. Para los elementos Sodio y Aluminio, se tiene un comportamiento similar respecto a las correlaciones y su significancia.

En el altiplano Central los datos presentan resultados similares, con muestras de 23 hasta 40, la correlación es baja o medianamente baja con significancias cercanas a 0% hasta 11%. El Sodio presenta resultados idénticos. El aluminio presenta una alta correlación inversamente proporcional con alta significancia para dos muestras.

En el caso del Altiplano Sur, los datos para macronutrientes son completamente correlacionales, es decir, que están relacionados al COS proporcionalmente, donde la determinación del efecto de los elementos en el COS presenta valores medios de 33% y altos hasta 85%. Para el Sodio no se tiene valores significativos. El Aluminio es un elemento proporcionalmente inverso al almacenamiento de COS con un porcentaje de determinación de ese efecto del 34%.

Para los elementos Aluminio (Al) y Sodio (Na), en determinados niveles influyen de manera contraria a la salud del suelo, ya sea por salinidad-sodicidad (Lamz y González, 2013) o efectos negativos en el crecimiento de las plantas (Toledo, 2016) a pesar de esto, los valores encontrados son muy bajos para los Altiplano Norte y Central.

De acuerdo a Martínez et al. (2008), el carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos, vinculándose con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes.

Por lo tanto, los elementos analizados como macronutrientes en realidad son los que mejoran en cantidad y en su disponibilidad a causa del incremento del COS. Por otra parte, los resultados obtenidos para las diferentes zonas del altiplano están sujetos a los datos iniciales del registro de las tesis. Por lo tanto, al ser obtenidos mediante análisis de laboratorios y sujetos a variaciones de distintos tipos, estos datos pueden mostrar correlaciones no significativas como se ha podido ver en los resultados de los Altiplanos Norte y Central. Los resultados del Altiplano Sur han sido efectivos al momento de proporcionar una certeza de que los macronutrientes son proporcionales a la cantidad de COS, y una disminución en elementos como el Aluminio favorece al almacenamiento de COS. Por otra parte, a pesar de las diferencias características de las zonas del Altiplano, estas deben tener comportamientos similares en relación al COS y los macronutrientes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el presente trabajo se ha obtenido una Base de Datos tanto física como digital de los datos registrados de trabajos de tesis de grado en suelos de la Región Andina de Bolivia, propiamente del Altiplano Norte, Central y Sur, los cuales han sido recopilados, ordenados, analizados y compilados.

De acuerdo a la Distribución del Carbono Orgánico del Suelo (COS) se ha encontrado que el Altiplano Norte es la zona que presenta valores más elevados de COS, continua en orden el Altiplano Central y finalmente el Sur. Esto es debido a las características propias del suelo de cada zona, a la influencia climática, geográfica, cobertura vegetal.

Durante el análisis del COS en el Altiplano Norte, Central y Sur se ha registrado en distintas partes Desviaciones de los datos con alta significancia, lo cual se debería a diversos factores como la agrupación de distintos lugares, la heterogeneidad de los suelos, el registro de la cobertura la cual debería ser más detallada y otros que corresponderían al trabajo mismo de la investigación y análisis de laboratorio en cada tesis de grado.

De acuerdo a los datos obtenidos, el Altiplano Boliviano presenta condiciones climáticas y geográficas, como ser de Altitud que conlleva a características como textura del suelo, Temperaturas bajas y Precipitación pluvial en época lluviosa, son favorables para el óptimo almacenamiento de COS.

Se ha corroborado que la Capacidad de intercambio Catiónico (CIC) es un factor que afecta proporcionalmente al almacenamiento de COS. Por su parte, la Densidad Aparente, el pH, la conductividad eléctrica (CE), son características del suelo inversamente proporcionales al almacenamiento de COS, lo cual se corrobora con los datos analizados en el presente trabajo.

Así mismo, se ha visto que el trabajo relacionado con el contenido de Carbono Orgánico del Suelo es un tema de actual importancia debido a los problemas experimentados por el cambio climático, el cual, afecta a todo el sector productivo y el entorno en el que se realiza la producción agropecuaria o proyectos relacionados. Por lo tanto, es un aporte al conocimiento de los temas medio ambiental y económico

porque las reservas de Carbono Orgánico en el Suelo dan referencia de las prácticas y medidas que se deberían tomar para un cuidado del recurso suelo y del medio ambiente en general.

Del análisis realizado, se tienen las siguientes recomendaciones:

Para evitar variabilidad en los resultados es necesario revisar la metodología aplicada para homogenizar criterios del trabajo en campo y laboratorio de las investigaciones Uniformizar los registros de los datos de los futuros trabajos de investigación referente a suelos en relación a la toma de datos en campo como cobertura vegetal, horizontes y georreferenciación.

Direccionar el estudio de suelos en toda la Región Andina mediante la guía de las autoridades para el trabajo de investigación apoyados en trabajos como el presente. Realizar trabajos de investigación en diferentes municipios o complementar los realizados según las necesidades de los mismos.

Los datos georreferenciados como puntos con coordenadas, mapas, planos y datos de coberturas podrían adjuntarse a los proyectos de investigación finales en el formato digital (Shape) para que también se puedan acceder desde el repositorio, con la autorización respectiva y según una normativa. Estandarizar la forma de trabajo en proyectos de investigación para que se tenga mejor control de los datos y organización de los mismos proyectos.

Mediante los resultados de las investigaciones, incentivar a las comunidades e instituciones informar acerca de la importancia del almacenamiento de Carbono Orgánico del Suelo, y para ello incentivar a la realización de prácticas de conservación de Suelos, ya sean convenientes según la zona: agronómicas, mecánicas, biológicas, recuperación de praderas o incorporación de sistemas agroforestales, los cuales que conllevan a mantener la Materia Orgánica del Suelo, y por lo tanto, el COS. También mencionar algunos aspectos de concientización como evitar chaqueo o quemas, manejo adecuado del riego para evitar el arrastre de Materia Orgánica del suelo; evitar o moderar el uso de agentes químicos o abuso de fertilizantes, entre los más importantes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achuy, SJ. 2006. Sistemas de Información Geográfica, Editorial Grupo Universitario SAC. Lima – Perú.

Aguilera, SM. 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile, p77-85.

Alonso Sarría, F. 2006. Sistemas de Información Geográfica. España. 239p.

Alonso, JM; Carfagno, P; Eiza, MJ. 2017. Aplicación del modelo Soil Water Characteristics a las condiciones de la región chaco- pampeana semiárida para la determinación de constantes hídricas de suelos. Rev. Fac. Agronomía y Cs. Agroalimentarias. UM - Vol. VIII. 18p.

Ariza, L; FJ. 2012. LA GLOBALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA. V Encuentro del Grupo de Trabajo de Cartotecas Públicas Hispano-Luso. Escuela Politécnica Superior Universidad de Jaén. 89 p.

BBC. 2017. Cómo funciona GLONASS y por qué el sistema de navegación ruso no tiene el éxito del GPS estadounidense. BBC Mundo. EN. Consultado sept. 2021. Periódico digital. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41596292>.

Becerril, RE; González, C. Mastachi. 2012. Sumidero de carbono: la región semiárida de Guanajuato. En: La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. Vol. I. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). (1): 218-220 p.

Becerril, RE; González, L. Hernández. 2007. El semiárido mexicano como sumidero de carbono. Estudio de caso Microcuenca “El Carmen”. Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. p. 8

Behm, V. 2005. Curso Básico Arc View 3.2 Teoría y Práctica, Caracas, Venezuela.

Capelleti, VY. 2011. Aplicación de un sistema de Información Geográfico par la determinación de la erosión hídrica en cuencas del río agrío. República Argentina. Quito. 72p.

CEUPE Magazine. s.f. Artículos de Ciencia. ¿Qué es la escala?. ES. Revista digital. Consultado sept. 2021. Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-escala-del-mapa.html>

Choquecallo, A. 2014. Levantamiento de suelos nivel semi-detalle y estudio de cobertura vegetal en la microcuenca milluni del municipio de El Alto - La Paz. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia.

Etcheverría Toirkens, P; Barahona Leiva, V. 2018. El secuestro de carbono en los suelos. Redagícola. DEA, INIA Raihuén. Revista digital. Consultado oct. 2021. Disponible en: <https://www.redagricola.com/cl/el-secuestro-de-carbono-en-los-suelos>

FAO. 1999. Base referencial mundial del recurso suelo. ISRIC Y SICS. Roma, Italia. 77p.

FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. (96): p. 61

FAO. 2006. Guía para la descripción de Suelos. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 4ta Edición. Roma.

FAO. 2007. Secuestro de carbono en tierras áridas. Informes sobre recursos mundiales de suelos. 107p.

FAO. 2009. Guía para la descripción de Suelos. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma. 111p.

FAO. 2021. Definiciones clave. Portal de suelos. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Consultado oct. 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal>

FAO. 2021. Mapeo de suelos afectados por salinidad Manual técnico. Alianza Mundial por el Suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p96.

FCEIA. 2019. Post grado Georeferenciación. Grupo de Geodesia Satelital de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Santa Fé, AR. 53p.

Fernández Linares, LC; Rojas Avelizapa, GR; Roldán Carrillo, TG; Ramírez Islas, ME; Zegarra Martínez, HG; Uribe Hernández, R; Reyes Ávila, RJ; Flores Hernández, D; Arce Ortega, JM. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMARNAT). México, D.F. p22.

Figueredo Ticona, H. 2017. Mapa de Carbono de los suelos del Estado Plurinacional de Bolivia. VICEMINISTERIO DE TIERRAS. La Paz, BO. 38p.

Fonseca, JJ; Gómez, MS. 2001. Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat caso de estudio: cambio de área laderas de la Ciénega de Tumaradó parque natural los Katíos. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, CO. 26p.

García-Melendrez, E. 2007. Sistemas de información Geográfica y Teledetección. Análisis visual de imágenes. Escuela de Negocios EOI. Master en Ingeniería Medio ambiental y Gestión del Agua. Madrid, ES. 15p.

González, LJ; Etchevers Hidalgo C. 2008. Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. Revista Agrociencia 42: 741-751 p.

Gutiérrez, J; Ordoñez, N; Bolívar, A; Bunning, S; Guevara, M; Medina, E; Olivera, C; Olmedo, G; Rodríguez, L; Sevilla, V; Vargas, R. 2020. Estimación del carbono orgánico en los suelos de ecosistema de páramo en Colombia. Revista científica de ecología y medio ambiente.11p.

Harrison, JA. 2003. Ciclos de la Tierra. El ciclo del ácido carbónico: Siempre de ida y vuelta (en línea). Visionlearning. EEUU. Consultado: sept.2021. Disponible: <https://www.visionlearning.com/es/library/Ciencias-de-la-%20Tierra/6/El-Ciclo-Carbónico/95>

Hernández, JL. 2007. Métodos para el análisis físico de los suelos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, CUBA. 54p.

Hernández, ME. 2010. Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. Terra Latinoamericana vol. 28 no. 2. Chapingo, MX. 10p.

Herrera Mosquera, MC. 2017. Estimación del contenido de carbono en suelos con diferentes usos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 45p.

Hervé, D., Beck S. 2006. Balance de investigaciones sobre la reconstitución de la fertilidad del suelo en el Altiplano central boliviano (TROPANDES – Bolivia). Institut de Recherche pour le développement. IRD. 21p.

Huamán Carrión, ML; Espinoza Montes, F; Barrial Lujan, A; Ponce Atencio, Y. 2021. Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos. Artículos de investigación. Scientia Agropecuaria vol.12 no.1 Trujillo ne-mar 2021.

IICA, 2014. Manual de Agricultura de precisión. PROCISUR. 178p.

IICA. 2015. Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. La Paz, BO. 319p.

IPCC. 2014. Cambio Climático. Informe de síntesis. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. OMM. Suiza. 176p.

Jaramillo, D. 2002, El recurso Suelo y la competitividad del sector agrario colombiano, Colombia. p. 26.

Lamz Piedra, A. y González Cepero, MC. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. INCA, San José de las Lajas. 10p.

Lefèvre, C; Rekik, F; Alcántara, V; Liesl, W. 2017. Carbono orgánico del suelo: El potencial oculto. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Roma. 90p.

Licona, LS; Estupiñan, LH. 2017. Barbecho como práctica cultural: una revisión histórica y alcances frente a la sostenibilidad. Universidad de Caldas. Revista científica Lunazul. CO. Disponible en: <http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/324-barbecho-como-practica-cultural>

Limas Cano, LF; Estupiñan, LH; Zenner De Polania, I. 2020. Estudio de barbechos en el páramo la cumbre y su Relación con la recuperación del suelo. UDCA. Cundinamarca, CO.

Madrigal Reyes, S; Acevedo, D; Hernández Acosta, E; Romo Lozano, JL. 2019. Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. Artículo Científico. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. México.

Maldonado Zapana, GS. 2016. Determinación de la aptitud de uso del suelo en la comunidad de Karhuiza, La Paz. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, BO. 111p.

Martínez, E; Fuentes, JP; Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de relación Suelo-Agua-Planta. Santiago de Chile. 10p.

MDRyT. 2012. Compendio Agropecuario. Observatorio agroambiental y productivo 2012. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras- Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario. La Paz, BO. 528P.

Mederos Molina, A; Orellana, R; Bastida, F; Hernández, MT; García, C. 2010. Efectos de la aplicación de materia orgánica en la actividad de los suelos degradados por

salinidad. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Murcia, España.

Meléndez, G; Soto, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. CATIE y CANIAN. MX. 155p.

Miranda, R. 2004. Introducción a la Geología Agrícola. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz. Bolivia. 29p.

Miranda, R; Caballero, A. 2015. Métodos y análisis del suelo. La Paz. Bolivia. UDIC. UMSA. 84 p.

Mogollón, JP; Rivas, W; Martínez, A; Campos Y; Márquez, E. 2015. Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela. MULTICIENCIAS, Vol.15, N° 3.

Moreno May, GJ; Cerón-Bretón, JG; Cerón-Bretón, RM; Amador del Angel, LE. 2010. Estimación del potencial de captura de carbono en suelos de manglar de Isla del Carmen. Revista Tecnociencia UNACAR. 4 (1): 23-39 p.

Mostajo, PJ. 2009. Sistema de Información Geográfico. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.

Muñoz Guerrero, D; Rodríguez Montenegro, M; Romero Hernández. 2009. Análisis Multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las minas, corregimiento de la laguna, municipio de Pasto, Departamento de Nariño. CO. 10p.

Mutuo, PK; Cadisch, G; Albrecht, A; Palm, C.A; Verchot, L. 2005. Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. Nutrient Cycling in Agroecosystems 71:43-54.

Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite (s.f.) Sistema de Posicionamiento Global, Al Servicio del Mundo. EU. Consultado sept. 2021. Disponible en: <https://www.gps.gov>

Orsag Céspedes, V. 1993. Caracterización de Suelos. Memorias SEMTA. La Paz-Bolivia.

Orsag, V. 2009. Degradación de suelos en el Altiplano boliviano. Causas y medidas para su mitigación. Análisis-IBEPA. Vol. 1, N° 3. 4p.

Orsag, V. 2010. El Recurso Suelo. Principios para su manejo y conservación. FOBOMADE. La Paz, BO. 489p.

Osorio, M. 2006, Introducción al sistema de Posicionamiento Global. Instituto del Bien Común. Sistema de Información Sobre Comunidades Nativas de la Amazonía Peruana – SIGNA, Lima, Perú.

Pérez Rosales, A; Galcis Spínola, A; Bugarín Montoya, R; Hernández Mendoza, TM; Vázquez Peña, MA; Rodríguez González, A. 2017. Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU+n). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm.1. 177p.

Pino, J. (2016). Apuntes de Microbiología Agrícola. 2ed. Facultad de Agronomía – UNE. Alto Parana. Paraguay. 28-47p

Rebolledo, S. 2017. Conductividad ELECTRICA Y SALINIDAD. COL Redagícola. Revista digital. Consultado sept. 2021. CL. Disponible en: <https://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/>

Rodríguez García, MP; Sanz Donaire, J; Pérez Gonzales, ME; Navarro Madrid, A. 2012. Guía Práctica de Teledetección y Fotointerpretación. Universidad Complutense de Madrid. ES. 147p.

Rodríguez Martín, JA; Carbonel Martín, G; Grau Corbí, JM. 2010. Sistemas de información geográfica como herramienta para evaluar la aportación antrópica de mercurio en suelos. Revista Geográfica de América Central. N° Especial. II Semestre. 168p.

Salamanca Jimenez, A; Sadeghian Khalajabadi, S. 2005. La densidad aparente y su relación con otras propiedades den suelos de la zona cafetera colombiana. Cenicafé. CO. 17p.

Soria, MV; Matar de Saavis, María Angélica. 2016. Cartografía aplicada y SIG: Nociones sobre Teledetección. Universidad Nacional de San Juan. ES. 79p.

Sosa, V. 2012. Efecto de la adición de vermicomposta en la mineralización de carbono y biomasa microbiana en un suelo agrícola. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México. p.67

Sotelo, R. 2003. Fotointerpretación y procesamiento digital de las imágenes aplicados a la caracterización geotécnica de suelos para usos ingenieriles. Chaco- Argentina, Boletín T-023 del Centro de Geociencias Aplicadas - Facultad de Ingeniería - UNNE. 4 p.

Toledo, M. 2016. Manejo de Suelos Ácidos de las Zonas Altas de Honduras. Conceptos y métodos. IICA. Tegucigalpa. 156p.

UNICA. 2011. EDAFOLOGÍA I. Universidad de Caldas - Unión Europea. Proyecto Universidad en el Campo. 170p.

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Departamento de Agricultura de los EEUU. 88p.

Uturria, MJ. 2005. Curso de Cartografía y Orientación, Departamento de Suelos y Aguas. Universidad Politécnica de Valencia – España

Vázquez Amabile, G. 2009. Introducción al programa: "Soil Water Characteristics" Hydraulic Properties Calculator: Desarrollado por los Dr Keith E. Saxton y Walter Rawls. Maestría de Cuencas Hidrográficas de la Escuela de Bosques de la Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, AR. 40p

Watson, R; Noble, I; Bolin, B; Ravindranath, N; Verardo, C; Dokken, D. 2000. Land use, land use-change, and forestry: a special report of the IPCC. Cambridge University Press. 377 p.

Wiesmeier, M; Urbanski, L; Hobbey, E; Lang, B; Lützw, M von; Marin-Spiotta, E; Weselmael, B van; Rabot, E; LieB, M; Gracia-Franco, N; Wollschläger, U; Vogel HJ;

Kögel-Knabner, I. 2019. Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales. Elsevier. *Geoderma*. AL. 14p.

Zambrano, AF; Franquis, A. Infante. 2004. Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales. *Revista Forestal Latinoamericana* (35): 11-20 p.

Zamora, J. 2003. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido "La Majada" municipio de Periban de Ramos, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. p. 47.

ANEXOS

Los datos de las tablas figuran como se registraron de las fuentes originales. Las partes complementarias que se adjuntaron se muestran resaltadas.

ANEXO A. Ubicación Geográfica, Altitud, Temperatura, Precipitación.

COD. = CÓDIGO asignado a cada Tesis de grado. DEPTO = Departamento. T.M. = Temperatura Media. PP =Precipitación

Nº	CÓDIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	REGIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD msnm	T.M. °C	PP mm
1	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8238598	522790	3845	7.07	
2	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8238788	523322	3841	7.07	52.6
3	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239288	523235	3842	7.07	5.6
4	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239550	522608	3849	7.07	4.5
5	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8238955	521838	3853	7.07	12.3
6	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8238606	521243	3848	7.07	23
7	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8238479	521917	3840	7.07	19
8	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239153	521386	3858	7.07	69.4
9	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8240201	522338	3841	7.07	13.4
10	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239288	522052	3845	7.07	24.6
11	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239630	522243	3865	7.07	30.2
12	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239701	521663	3855	7.07	28
13	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8240352	521338	3826	7.07	21.8
14	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239308	520847	3870	7.07	15.7
15	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239407	520525	3869	7.07	13.4
16	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239550	520203	3891	7.07	24.6
17	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239788	519163	4069	7.07	20.2
18	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8239638	519830	4026	7.07	15.1
19	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8244664	519080	3982	7.07	168.6
20	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8244950	519016	4008	7.07	24.6
21	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8244291	519731	3978	7.07	25.2
22	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8244589	519421	4030	7.07	29.1
23	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8244759	519667	4010	7.07	20.7
24	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8245688	519556	4088	7.07	38.1
25	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8245426	520175	4186	7.07	29.1
26	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8245823	520747	4202	7.07	15.7
27	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8246029	520755	4207	7.07	14
28	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8246053	521414	4046	7.07	32.5
29	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8246894	520374	4286	7.07	27.4
30	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8247656	520683	4358	7.07	17.9
31	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8247613	521097	4422	7.07	36.4
32	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8247156	521970	4460	7.07	44.8
33	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8247155	520596	4307	7.07	65.5
34	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8246656	520818	4402	7.07	15.7
35	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8251616	515529	4087	7.07	6.2
36	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8252069	515303	4122	7.07	19.6
37	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8253557	514602	4171	7.07	7.3
38	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8252674	515018	4144	7.07	6.7
39	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8254046	513836	4244	7.07	55.4
40	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8253849	514155	4166	7.07	15.1

Nº	CÓDIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	REGIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD msnm	T.M. °C	PP mm
41	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8254603	513454	4256	7.07	20.2
42	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8255397	512673	4288	7.07	23.5
43	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8254444	513326	4303	7.07	22.4
44	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8255767	512289	4413	7.07	26.9
45	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8255595	511205	4413	7.07	16.8
46	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8255158	511588	4542	7.07	32.5
47	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8256137	509789	4407	7.07	4.5
48	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8256428	512289	4274	7.07	38.1
49	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8254324	514588	4189	7.07	30.8
50	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8256587	512991	4502	7.07	34.2
51	AN-01	La Paz	Ancoraimes	A. Norte	8256521	513602	4613	7.07	20.7
52	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8207460	556517	4020	8.5	12.29
53	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8207615	557614	4026	8.5	19.66
54	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8208626	558288	4056	8.5	13.82
55	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8209012	557713	4042	8.5	19.27
56	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8209083	554817	3997	8.5	5.72
57	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8209000	552838	3985	8.5	16.99
58	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8208841	556185	3985	8.5	3.95
59	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8208324	555772	3982	8.5	2
60	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8214559	555167	4370	8.5	20.66
61	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8214232	554480	4246	8.5	2.87
62	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8214105	553596	4172	8.5	15.65
63	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8214123	553251	4093	8.5	4.43
64	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8213056	553025	3992	8.5	8.63
65	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8213298	552703	3977	8.5	5.86
66	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8213482	552107	3944	8.5	5.65
67	AN-02	La Paz	Batallas	A. Norte	8213407	551721	3939	8.5	1.97
68	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8203421.9	549884	4032	9.6	6.67
69	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8205005.2	550924	4032	9.6	7.1
70	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8204712	548125	3922	9.6	6.67
71	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8203757	551765	3922	9.6	7.1
72	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8201311.6	549951	3895	9.6	6.67
73	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8202136.3	551306	3895	9.6	6.67
74	AN-03	La Paz	Batallas	A. Norte	8199498.6	550677	3895	9.6	6.01
75	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8214459	501640	4006	9.3	64
76	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215749	500771	4066	9.3	8
77	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215931	500558	4106	9.3	7
78	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8216699	500078	3847	9.3	13
79	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8216807	500167	3837	9.3	4
80	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8216490	500029	7911	9.3	4
81	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215553	499812	4009	9.3	5
82	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8217360	495572	3986	9.3	4
83	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215180	499593	4156	9.3	8
84	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215908	495781	4351	9.3	8
85	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8218346	496459	4069	9.3	53
86	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8218129	495816	4138	9.3	10
87	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8217417	495087	4205	9.3	5
88	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8216856	494322	4172	9.3	5
89	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8219902	495107	3884	9.3	6

Nº	CÓDIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	REGIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD msnm	T.M. °C	PP mm
90	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8219773	494947	3834	9.3	3
91	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8219497	493959	3954	9.3	3
92	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8220149	493566	3842	9.3	2
93	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8219937	492089	3903	9.3	3
94	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8220953	490312	4044	9.3	3
95	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8222251	489287	3960	9.3	47
96	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8222575	487969	4014	9.3	3
97	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8223590	486487	3840	9.3	26
98	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8223316	487076	3929	9.3	2
99	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8220003	488707	4057	9.3	3
100	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8221822	487768	3858	9.3	4
101	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8220950	488114	3831	9.3	12
102	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8218750	490846	3946	9.3	3
103	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8216737	491092	3829	9.3	6
104	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215659	491632	3836	9.3	18
105	AN-04	La Paz	Copacabana	A. Norte	8215420	492210	3842	9.3	6
106	AN-05	La Paz	Copacabana	A. Norte	8221837.7	488840	4060	10.09	0.09
107	AN-05	La Paz	Copacabana	A. Norte	8220292.8	489416	3855	10.09	2.54
108	AN-05	La Paz	Copacabana	A. Norte	8212046.9	496172	4048	10.09	1.74
109	AN-05	La Paz	Copacabana	A. Norte	8211486	491917	3869	10.09	2.17
110	AN-05	La Paz	Copacabana	A. Norte	8207952	490972	3892	10.09	9.9
111	AN-05	La Paz	Huarina	A. Norte	8210729	545808	3914	8.34	0.4
112	AN-05	La Paz	Huarina	A. Norte	8210238.7	541074	3865	8.34	1.22
113	AN-05	La Paz	Huarina	A. Norte	8210007.2	542533	3826	8.34	0.69
114	AN-05	La Paz	Huarina	A. Norte	8215117	547955	3928	8.34	2.45
115	AN-05	La Paz	Huarina	A. Norte	8211440.6	546486	3965	8.34	2.42
116	AN-06	La Paz	Puerto Carabuco	A. Norte	8247629	500268	4038	7.5	14.37
117	AN-07	La Paz	Viacha	A. Norte	8154460	576698	3868	8.5	0.97
118	AN-07	La Paz	Laja	A. Norte	8171349	563446	3736	8.5	0.48
119	AN-07	La Paz	Laja	A. Norte	8171387	563450	3751	8.5	0.48
120	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8117474	615385	4223	7.7	56.12
121	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8117012	615242	4200	7.7	6.28
122	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8117987	615346	4263	7.7	6.13
123	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8118193	615387	4300	7.7	2.79
124	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8118372	615316	4375	7.7	6.35
125	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8115442	615530	4122	7.7	39.36
126	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8114595	614321	4086	7.7	16.27
127	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8114897	614007	4163	7.7	8.72
128	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8114878	614111	4138	7.7	3.42
129	AC-01	La Paz	Ayo Ayo	A. Central	8116634	616694	4204	7.7	4.6
130	AC-02	La Paz	Patacamaya	A. Central	8092823	606928	4100	9.7	0.07
131	AC-03	La Paz	Patacamaya	A. Central	8092228.2	606538	3950	9.7	2.9
132	AC-04	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091133.5	612042	3799	11	62.1
133	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091323	612504	3779	7	0
134	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091413	612567	3798	7	0
135	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091286	612641	3790	7	0
136	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091167	612566	3790	7	0
137	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091160	612500	3788	7	0
138	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091172	612385	3787	7	0

Nº	CÓDIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	REGIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD msnm	T.M. °C	PP mm
139	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091053	612421	3786	7	0
140	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090962	612416	3787	7	0
141	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090958	612316	3786	7	0
142	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090867	612275	3784	7	0
143	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090972	612196	3787	7	0
144	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090792	612259	3784	7	0
145	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090808	612128	3788	7	0
146	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090968	612095	3787	7	0
147	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090924	612011	3789	7	0
148	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8090991	611923	3788	7	0
149	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091061	611919	3787	7	0
150	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091146	611843	3786	7	0
151	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091129	612008	3787	7	0
152	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091462	612213	3788	7	0
153	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091351	612213	3787	7	0
154	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091547	612093	3787	7	0
155	AC-05	La Paz	Patacamaya	A. Central	8091470	612300	3787	7	0
156	AC-06	La Paz	Santiago de Callapa	A. Central	8066244.7	568418	4000	7.6	15.05
157	AC-07	La Paz	Umala	A. Central	8083438	593721	3980	11.5	27.5
158	AC-07	La Paz	Umala	A. Central	8084621	591093	4063	11.5	27.5
159	AC-08	La Paz	Umala	A. Central	8085055.5	592032	4037	10.45	101
160	AC-08	La Paz	Umala	A. Central	8084503.5	589691	4080	10.45	17
161	AC-08	La Paz	Umala	A. Central	8083613.5	610743	3787	10.45	27
162	AC-08	La Paz	Umala	A. Central	8083613.3	610776	3786	10.45	15
163	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8077427	620841	3698	8.9	40.79
164	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8077054	621162	3744	8.9	17.72
165	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8076769	610706	3745	8.9	14.36
166	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8077983	618937	3746	8.9	47.79
167	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8080510	613627	3746	8.9	13.35
168	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8079827	613808	3757	8.9	14.82
169	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8080128	615919	3752	8.9	32.47
170	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8079136	615652	3751	8.9	74.08
171	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8073001	619011	3739	8.9	40.79
172	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8073001	619011	3739	8.9	17.44
173	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8075558	611781	3783	8.9	14.38
174	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8075518	615951	3750	8.9	47.79
175	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8075950	613797	3763	8.9	13.35
176	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8075403	613887	3787	8.9	10.67
177	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8075403	615354	3787	8.9	23.75
178	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8076399	616453	3746	8.9	14.94
179	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8077298	615521	3748	8.9	9.8
180	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8077286	614090	3759	8.9	9.92
181	AC-09	La Paz	Umala	A. Central	8077822	614234	3756	8.9	21.3
182	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7989541	525658	3920	6.8	16
183	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7990373	528113	3920	6.8	5
184	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7989481	529122	3920	6.8	7
185	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7988881	523078	3920	6.8	13
186	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7989362	522669	3920	6.8	42
187	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7988741	524231	3920	6.8	34

Nº	CÓDIGO	DEPTO.	MUNICIPIO	REGIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD msnm	T.M. °C	PP mm
188	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7989143	523495	3920	6.8	37
189	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7988914	529482	3920	6.8	8
190	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7989757	524539	3920	6.8	26
191	AC-10	Oruro	Turco	A. Central	7990402	528841	3920	6.8	14
192	AS-01	Oruro	Pampa Aullagas	A. Sur	7863421	703412	3702	6	6.596
193	AS-01	Oruro	Pampa Aullagas	A. Sur	7863416	703742	3700	6	8.77
194	AS-01	Oruro	Pampa Aullagas	A. Sur	7865010	705629	3742	6	4.356
195	AS-02	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7895199	740097	3936	9.25	8.62
196	AS-02	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7894124	738227	3882	9.25	11.14
197	AS-02	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7892653	738156	3834	9.25	11.14
198	AS-02	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7893470	736855	3843	9.25	4.52
199	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7893565	736676	3760	10.5	6.3
200	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7893971	735976	3760	10.5	6.4
201	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7895131	734848	3765	10.5	4.2
202	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7890137	735762	3762	10.5	3.5
203	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7887032	731970	3760	10.5	15.5
204	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7896558	729154	3721	10.5	32.4
205	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7897383	726966	3720	10.5	5.4
206	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7888976	726376	3710	10.5	19.5
207	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7893040	728003	3723	10.5	11.9
208	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7896799	732231	3741	10.5	8.3
209	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7880010	725590	3716	10.5	2.2
210	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7883004	728693	3722	10.5	11.9
211	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7884355	730144	3724	10.5	20
212	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7886322	731319	3722	10.5	31.3
213	AS-03	Oruro	Santiago de Huari	A. Sur	7890171	731790	3737	10.5	9.9

ANEXO B. Fecha de muestra. Época. Erosión. Cobertura Vegetal y Uso de suelo.

COD. = CÓDIGO asignado a cada Tesis de grado.

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
1	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Siqu'i, Layu Layu, Orko Chiji, K'achu Chiji, K'achu, kea kea, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
2	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Siqu'i, Layu Layu, Orko Chiji, K'achu Chiji, K'achu, kea kea, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
3	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Siqu'i, Layu Layu, Orko Chiji, K'achu Chiji, K'achu, kea kea, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
4	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Siqu'i, Layu Layu, Orko Chiji, K'achu Chiji, K'achu, kea kea, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
5	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
6	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp,

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
							Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
7	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
8	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Barbecho	3	Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
9	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
10	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Forestales Exóticos		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
11	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Forestales Exóticos		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
12	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Barbecho	2	Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
13	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Chilliwa, Seq'uoya, Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
14	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, K'achu Chiji, Layu Layu, Layu Layu, Kariwa, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
15	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Barbecho	2	Seq'uoya, Th'ola, K'achu Chiji, Layu Layu, Layu Layu, Kariwa, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophylla, Festuca orthophylla y Stipa ichu.
16	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Forestales Exóticos		Seq'uoya, Th'ola, Garbancillo, Kanlla
17	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, Garbancillo, Kanlla
18	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, Garbancillo, Kanlla
19	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, K'arhua pasto, K'achu Chiji, Koa
20	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, Layu Layu, Kanlla, K'arhua pasto, K'arhua pasto, K'achu Chiji, Koa
21	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, Layu Layu, Kanlla, K'arhua pasto, K'arhua pasto, K'achu Chiji, Koa
22	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Forestales Exóticos		Seq'uoya, Th'ola, Layu Layu, Kanlla, K'arhua pasto, K'arhua pasto, K'achu Chiji, Koa
23	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Forestales Exóticos		Seq'uoya, Th'ola, Layu Layu, Kanlla, K'arhua pasto, K'arhua pasto, K'achu Chiji, Koa
24	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Th'ola, K'arhua pasto, Wira Wira, Kanlla
25	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Th'ola, K'arhua pasto, Wira Wira, Kanlla
26	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Koa
27	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Barbecho	4	Seq'uoya, Th'ola, K'arhua pasto, Koa
28	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Kanlla, Th'ola, Seq'uoya, Layu Layu
29	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Chilliwa, Pacu Pacu, Yareta, Kea kea
30	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Chilliwa, Pacu Pacu, Yareta, Kea kea
31	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Pacu Pacu, K'arhua pasto
32	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Sanu sanu, Chilliwa, Kea kea, K'arhua pasto
33	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Pacu Pacu, Yareta, K'arhua pasto
34	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Seq'uoya, Sanu sanu, Chilliwa, Kea kea, K'arhua pasto
35	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Sanu sanu, Kea kea, Totorilla, Siqu'i, Orko Chiji, Ok'e

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
							Ok'e
36	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Sanu sanu, Kea kea, Totorilla, Siqu'i, Orko Chiji, Ok'e Ok'e
37	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		K'allu K'allu, Kea kea, Ok'e Ok'e, Wila Layu, Chilliwá
38	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		K'allu K'allu, Kea kea, Ok'e Ok'e, Wila Layu, Chilliwá
39	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		K'allu K'allu, Kea kea, K'arhua pasto, Ok'e Ok'e, Wila Layu, Chilliwá
40	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		K'allu K'allu, Kea kea, K'arhua pasto, Ok'e Ok'e, Wila Layu, Chilliwá
41	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Seq'uoya, Kanlla, K'allu K'allu, Pacu Pacu, Layu Layu, Kea kea
42	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Seq'uoya, Kanlla, K'allu K'allu, Pacu Pacu
43	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Seq'uoya, Kanlla, K'allu K'allu, Pacu Pacu
44	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Seq'uoya, Kanlla, K'allu K'allu, Pacu Pacu
45	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Seq'uoya, Pacu Pacu, K'arhua pasto, Ok'e Ok'e, pasto
46	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Pacu Pacu, K'allu K'allu, Kea kea, Siqu'i, Sanu sanu, K'achu Chiji, Orko Chiji, pasto
47	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Pacu Pacu, K'achu Chiji, Orko Chiji, K'arhua pasto, Kea kea, Siqu'i, pasto
48	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		Seq'uoya, K'allu K'allu, Chilliwá, Orko Chiji, K'achu Chiji, Yareta, Kea kea, Garbancillo, Th'ola, Pasto
49	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		Pacu Pacu, Orko Chiji, Siqu'i, Sanu sanu, Kea kea, Wila Layu, Chiji, K'achu Chiji, Yareta, Kea kea, Garbancillo, Th'ola, pasto
50	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Pacu Pacu, Orko Chiji, Siqu'i, Sanu sanu, Kea kea, Wila Layu, Chiji, K'achu Chiji, Yareta, Kea kea, Garbancillo, Th'ola, pasto
51	AN-1	01/04/2008	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Pacu Pacu, Orko Chiji, Siqu'i, Sanu sanu, Kea kea, Wila Layu, Chiji, K'achu Chiji, Yareta, Kea kea, Garbancillo, Th'ola, pasto
52	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, phorke y k'ota
53	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Barbecho	3	chillihua, sicuya, chiji y k'ota
54	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji
55	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji
56	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji
57	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji
58	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji y k'ota
59	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji y k'ota
60	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		chillihuar, sicuya, chiji
61	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chillihuar, sicuya, chiji
62	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Por Cárcavas	Pastura Nativa		chillihuar, sicuya, chiji
63	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, thola, chiji
64	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, thola, chiji
65	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Sin Evidencia	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji
66	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji, phorke y k'ota
67	AN-2	01/03/2011	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chillihua, sicuya, chiji, phorke y k'ota
68	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		kanilla, seq'uoya, layu layu
69	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		kanilla, seq'uoya, layu layu
70	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		sequoya, k'achu chiji, layu layu
71	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chilliwá, seq'uoya, k'arhua pasto
72	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chilliwá, seq'uoya, k'arhua pasto
73	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Barbecho	3	chilliwá, seq'uoya, k'arhua pasto
74	AN-3	No registrado		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		chilliwá, seq'uoya, k'arhua pasto
75	AN-4	24/09/2009	Seca	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Eucaliptos, ciprés y arbustos
76	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		Paja, thola, kailla, arbustos
77	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		Paja, thola, kailla, arbustos
78	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Forestales Exóticos		Eucaliptos, paja, bacharis, arbustos

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
79	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Barbecho	6	eucalipto, paja, arbustos
80	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Forestales Exóticos		eucalipto, queqa, mutu mutu, arbustos
81	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		K'oa, paja, mutu mutu, thola, chillihua, arbustos
82	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		K'oa, paja, mutu mutu, thola, chillihua, thola, chillihua, arbustos
83	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		K'oa, paja, mutu mutu, thola, chillihua, thola, chillihua, arbustos
84	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco	Pastura Nativa		Paja, thola, kailla, chillihua, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
85	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco	Pastura Nativa		Paja, thola, kailla, chillihua, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
86	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco	Pastura Nativa		Paja, thola, kailla, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
87	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco	Pastura Nativa		Paja, thola, kailla, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
88	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco	Pastura Nativa		Paja, thola, Kailla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
89	AN-4	24/09/2009	Seca		Pastura Nativa		Thola, mutu mutu, tarwi, totorilla, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
90	AN-4	24/09/2009	Seca		Barbecho	6	Thola, mutu mutu, tarwi, totorilla, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
91	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		Thola, mutu mutu, paja, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
92	AN-4	24/09/2009	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	6	Totorilla, gramadal, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
93	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Thola, paja brava, muña, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
94	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Paja, thola, chillihua, queqa, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
95	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar y Eólica	Forestales Nativos		Chilca, kishuara, queña, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, gramíneas, thola, chillihua, thola, chillihua, mutu, arbustos
96	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		Pajonal, thola, arbustos, kailla, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
97	AN-4	24/09/2009	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	5	Pajonal, thola, arbustos, kailla, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
98	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		Janki, pajas, sacka, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, arbustos
99	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		mutu mutu, huaycha, tola, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
100	AN-4	24/09/2009	Seca	Movimiento en Masa	Forestales Exóticos		Queña, eucalipto, kiswara, sewenca, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos,
101	AN-4	24/09/2009	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	5	paja, pastos, eucalipto, kiswara, sewenca, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
102	AN-4	24/09/2009	Seca	Sin Evidencia	Pastura Nativa		paja, queña, eucalipto, thola, yaretilla, janko thola, grama, kiswara, sewenca, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, gramíneas, thola, chillihua, thola, chillihua, mutu, arbustos
103	AN-4	24/09/2009	Seca	Sin Evidencia	Pastura Nativa		grama, totorillas, eucalipto, thola, yaretilla, janko thola, grama, eucalipto, kiswara, sewenca, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
104	AN-4	24/09/2009	Seca	Por Surco	Forestales Exóticos		eucalipto, chilca, mutu mutu, kiswara, ñuñu maya, eucalipto, thola, yaretilla, janko thola, grama, kiswara, sewenca, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
105	AN-4	24/09/2009	Seca	Laminar	Barbecho	5	Paja, thola, eucalipto, chilikis, kiswara, ñuñu maya, thola, yaretilla, janko thola, grama, eucalipto, kiswara, sewenca, mutu mutu, pajonal, totorilla, thola, gramíneas, thola, chillihua, mutu, arbustos
106	AN-5	27/08/2016	Seca	Laminar y Eólica	Forestales Nativos		Tholar Pajonal, Chiliwa
107	AN-5	27/08/2016	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	Tholar Pajonal, Chiliwa
108	AN-5	27/08/2016	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Tholas, wira wira, gramíneas, chiliwa
109	AN-5	27/08/2016	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Forestal, pastizal, gramíneas
110	AN-5	27/08/2016	Seca	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Tholas, wira, wira, gramíneas
111	AN-5	27/08/2016	Seca	Sin Evidencia	Pastura Nativa		Gramíneas
112	AN-5	27/08/2016	Seca	Por Cárcavas	Barbecho	4	Gramíneas
113	AN-5	27/08/2016	Seca	Por Cárcavas	Pastura Nativa		Pastizal sewenka

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
114	AN-5	27/08/2016	Seca	Por Cárcavas	Barbecho	6	Gramíneas
115	AN-5	27/08/2016	Seca	Por Cárcavas	Pastura Nativa		Yaretas líquenes paja thola
116	AN-6	Diferentes		Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Diente de león, CH'illkha, Paja brava, Sillu sillu, Muni muni,
117	AN-7	13/03/2016	Lluviosa		Pastura Nativa		Pastos nativos
118	AN-7	13/03/2016	Lluviosa		Pastura Nativa		Quinua
119	AN-7	13/03/2016	Lluviosa		Pastura Nativa		Pastos nativos
120	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		pasto chiji, chiliwa
121	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		pasto chiji, cebadilla, chiliwa
122	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		pasto chiji, cebadilla, chiliwa
123	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		pasto chiji, cebadilla, pasto
124	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		pasto chiji, cebadilla, pasto, chiliwa
125	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		chiliwa
126	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		chiliwa
127	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		papa, chiliwa
128	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		papa, chiliwa
129	AC-1	24/11/2016	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		papa, chiliwa
130	AC-2	Diferentes		Laminar y Eólica	Barbecho	3	Cola de Ratón, Ñak'a thola, Mostacilla, Garbancillo, Añahuaya, Quinua silvestre, Chillihua, Sillu sillu, Sillu sillu
131	AC-3	08/11/2011	Lluviosa		Pastura Nativa		Stipa ichu, Gramíneas y arbustos
132	AC-4	06/03/2015	Lluviosa		Barbecho	3	Cola de Ratón, Sanu sanu, Nak'a thola, Mostacilla, garbancillo, Yauri yauri
133	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	cebadilla, Sanu Sanu
134	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	2	cebadilla, Sanu Sanu
135	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	3	mostaza , Pasto llorón y Ñaka thola
136	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	4	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
137	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	4	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
138	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	2	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
139	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
140	AC-5	21/08/2018	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
141	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	4	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
142	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	3	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
143	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	2	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
144	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	4	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
145	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	4	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
146	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	1	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
147	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	2	mostaza, Cola de Ratón, Pasto llorón y Ñaka thola
148	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	3	mostaza, cebadilla, sanu sanu
149	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	4	mostaza, cebadilla, sanu sanu
150	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	5	mostaza, cebadilla, sanu sanu
151	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	3	mostaza, cebadilla, sanu sanu
152	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	2	mostaza, cebadilla, sanu sanu
153	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Pastura Nativa		mostaza, cebadilla, sanu sanu
154	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	2	mostaza, cebadilla, sanu sanu
155	AC-5	21/08/2018	Seca	Sin Evidencia	Barbecho	2	mostaza, cebadilla, sanu sanu
156	AC-6	24/10/2009	Seca		Pastura Nativa		Kañña, Chiji , Chillihua, ichu, Sicuya, Crespillo , Kela kela , Ayrampu , Ñak 'athola, Thola, Supho Thola
157	AC-7	01/11/2006	Lluviosa		Pastura Nativa		Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
158	AC-7	01/11/2006	Lluviosa		Pastura Nativa		Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
159	AC-8	05/10/2009	Seca	Laminar	Pastura Nativa		Antobrium sp, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
							lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
160	AC-8	05/10/2009	Seca	Laminar	Barbecho	1	Antobrium sp, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
161	AC-8	05/10/2009	Seca		Barbecho	1	Antobrium sp, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
162	AC-8	05/10/2009	Seca		Barbecho	1	Antobrium sp, Distichlis humilis, Calamagrotis curvuls, Festuca sp, Hordeum muticum, Parastrephia lepidophilla, Festuca orthophila y Stipa ichu.
163	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	3	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
164	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	3	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
165	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
166	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
167	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
168	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
169	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
170	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramadales de estrato alto, gramadal de estrato bajo, chiliwa
171	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		gramíneas y matorrales
172	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		gramíneas y matorrales
173	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramíneas y matorrales
174	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramíneas y matorrales
175	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramíneas y matorrales
176	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramíneas y matorrales
177	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	gramíneas y matorrales
178	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	tholares, gramadales
179	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	tholares, gramadales
180	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	tholares, gramadales
181	AC-9	13/05/2019	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	1	tholares, gramadales
182	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		Bofedal, Festuca humillior y Calamagrostis cf. vicunarum,
183	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Bofedal, matorrales xeromórficos y pajonales de gramíneas amacolladas y esclerófilas
184	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Sin Evidencia	Bofedales		Bofedal, Festuca humillior y Calamagrostis cf. vicunarum,
185	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Barbecho	1	Matorrales ("Tholares") de Parastrephia spp. (Asteraceae)
186	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		Bofedal, Festuca humillior y Calamagrostis cf. vicunarum,
187	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Matorrales ("Tholares") de Parastrephia spp. (Asteraceae)
188	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		Bofedal Festuca humillior y Calamagrostis cf. vicunarum,
189	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Bofedales		Bofedal Festuca humillior y Calamagrostis cf. vicunarum,
190	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Matorrales xeromórficos y pajonales de gramíneas amacolladas y esclerófilas
191	AC-1	07/03/2012	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		Matorrales xeromórficos y pajonales de gramíneas amacolladas y esclerófilas
192	AS-1	21/12/2009	Lluviosa	Sin Evidencia	Barbecho	2	paja suave, paja brava, Thola, cola de ratón, Koa tola, Sehuenca
193	AS-1	21/12/2009	Lluviosa	Sin Evidencia	Barbecho	3	paja suave, paja brava, Thola, cola de ratón, Koa tola, Sehuenca
194	AS-1	21/12/2009	Lluviosa	Sin Evidencia	Barbecho	4	paja suave, paja brava, Thola, cola de ratón, Koa tola, Sehuenca
195	AS-2	13/02/2009	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Cactus columnar, Ayrampu, Muña muña, Paja brava,

Nº ANEXOS	CÓDIGO	FECHA MUESTREO	ÉPOCA	EROSIÓN	USO Y COBERTURA DEL SUELO	AÑOS DE BARBECHO	COBERTURA REGISTRADA
							Reloj reloj, Sewenca, thola
196	AS-2	15/02/2009	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Cactus columnar, Tara tara, Wira wira, Ayrampu, Muña muña, Paja brava, Reloj reloj, Sewenca, thola
197	AS-2	13/02/2009	Lluviosa	Laminar	Barbecho	2	Ayrampu, Muña muña, Paja brava, Reloj reloj, Sewenca, Thola, Tara tara, Wira wira, Chinchercoma, y Paico
198	AS-2	13/02/2009	Seca	Laminar y Eólica	Barbecho	2	Sewenca, Paja brava, Muña muña, Chinchercoma y herbáceas gramínoideas
199	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		orko chiji (Distischis humilis), Cebadilla (Bromus) uniloides).
200	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Barbecho	1	Paja brava, Cebadilla, Añaguaya (Añaguaya uniloides)
201	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar y Eólica	Barbecho	1	Tholares, paja brava, Kailla
202	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Barbecho	1	paja brava (Festuca orthophylla), thola, Kailla, thola (Baccharis incarum)
203	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Por Surco y Eólica	Pastura Nativa		Yaretilla (Azorella glabra), Chiji, paja brava, thola
204	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar y Eólica	Barbecho	1	paja brava (Festuca orthophylla), thola (Baccharis incarum).
205	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Yaretilla (Azorella glabra)
206	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Chiji (Distischis humilis), yaretilla(Azorella glabra). Stipa Ichu
207	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		Chiji (Distischis humilis), yaretilla(Azorella glabra) .
208	AS-3	06/11/2004	Lluviosa		Pastura Nativa		paja brava (Festuca orthophylla), thola (Baccharis Incarum).
209	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar y Eólica	Pastura Nativa		yaretilla (Azorella glabra), Chiji (Distischis humilis).
210	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		yaretilla (Azorella glabra), Chiji (Distischis humilis)
211	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		yaretilla (Azorella glabra), Chiji (Distischis humilis).
212	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar	Pastura Nativa		yaretilla (Azorella glabra), Chiji (Distischis humilis).
213	AS-3	06/11/2004	Lluviosa	Laminar y Eólica	Barbecho	1	Paja brava(Festuca orthophylla) , thola (Baccharis incarum), Kailla(Tetraglochin cristarum)

ANEXO C. Textura. Densidad aparente. MOS. COS %. COS (t/ha). Pendiente.

COD. = Código asignado a cada Tesis de grado. MOS = Materia Orgánica del Suelo. COS = Carbono Orgánico del Suelo. Dap = Densidad aparente; negrita, obtenida por SWCH. PEND. MAX. = Pendiente Máxima.

Nº ANEXOS	CÓDIGO	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	Dap (g/cm3)	MOS (%)	CO (58%)	COS (T/ha)	PEND. MÁX	Tipo de Investigación
1	AN-01	20.5	46	33.5	franco arcilloso arenoso	1.2	2.5	1.45	34.8	2	Economic
2	AN-01	18.9	32	49.1	arcilloso	1.1	2.6	1.508	33.176	2	Economic
3	AN-01	25.8	40.4	33.8	franco arcilloso	1.1	4.2	2.436	53.592	2	Economic
4	AN-01	25.6	47.3	27.1	franco	1.1	4.7	2.726	59.972	2	Economic
5	AN-01	25.4	38	36.6	franco arcilloso	1.4	2.8	1.624	45.472	5	Economic
6	AN-01	41.6	48.9	9.5	franco arenoso	1.3	3.3	1.914	49.764	5	Economic
7	AN-01	46.3	27.5	26.2	franco arcilloso arenoso	1.4	2.2	1.276	35.728	5	Economic
8	AN-01	62.5	16.4	21.1	franco arcilloso arenoso	1.2	2.7	1.566	37.584	5	Economic
9	AN-01	42.5	32.4	25.1	franco	1.4	1.7	0.986	27.608	5	Economic
10	AN-01	65.6	7.3	27.1	franco arcilloso arenoso	1.2	5.5	3.19	76.56	5	Economic
11	AN-01	29.6	21.9	48.5	arcilloso	1.6	4.6	2.668	85.376	5	Economic
12	AN-01	49.2	23.6	27.2	franco arcilloso arenoso	1.4	2.1	1.218	34.104	5	Economic
13	AN-01	47.6	41.3	11.1	franco arenoso	1.3	2.2	1.276	33.176	5	Economic
14	AN-01	35.6	26.9	37.5	franco arcilloso	1.4	1.2	0.696	19.488	5	Economic
15	AN-01	54.9	25.6	19.5	franco arenoso	1.2	2.2	1.276	30.624	5	Economic
16	AN-01	36.2	44	19.8	franco	1.6	1.8	1.044	33.408	30	Economic
17	AN-01	43.6	37.3	19.1	franco	1.2	3	1.74	41.76	30	Economic
18	AN-01	39	36	25	franco	1.2	2.7	1.566	37.584	30	Economic

Nº ANEXOS	CÓDIGO	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	Dap (g/cm3)	MOS (%)	CO (58%)	COS (T/ha)	PEND. MÁX	Tipo de Investigación
19	AN-01	42.5	32.4	25.1	franco	1.2	5.3	3.074	73.776	30	Economic
20	AN-01	46.5	36.4	17.1	franco	1	4.4	2.552	51.04	15	Economic
21	AN-01	16.9	49.3	33.8	franco arcilloso limoso	1.4	2.2	1.276	35.728	15	Economic
22	AN-01	50.9	26	23.1	franco arcilloso arenoso	1.3	2.5	1.45	37.7	15	Economic
23	AN-01	62.5	20.7	16.8	franco arenoso	1.4	2	1.16	32.48	15	Economic
24	AN-01	40.2	35	24.8	franco	1.2	4.2	2.436	58.464	30	Economic
25	AN-01	72.9	22.7	4.4	franco arenoso	0.8	8.5	4.93	78.88	30	Economic
26	AN-01	22.9	55.3	21.8	franco limoso	0.9	6.4	3.712	66.816	2	Economic
27	AN-01	22.9	53.3	23.8	franco limoso	0.4	26.6	15.428	123.42	2	Economic
28	AN-01	48.9	32	19.1	franco	1.2	3.7	2.146	51.504	60	Economic
29	AN-01	53.4	24	22.6	franco arcilloso arenoso	1.2	4.5	2.61	62.64	30	Economic
30	AN-01	5.4	34	60.6	arcilloso	1.2	2.4	1.392	33.408	30	Economic
31	AN-01	47.4	30	22.6	franco	1.1	5	2.9	63.8	60	Economic
32	AN-01	49.4	28	22.6	franco	1.4	3.8	2.204	61.712	60	Economic
33	AN-01	58.9	22	19.1	franco arenoso	0.7	13.5	7.83	109.62	90	Economic
34	AN-01	27.4	28	44.6	franco arcilloso	1.5	0.9	0.522	15.66	60	Economic
35	AN-01	60	22	18	franco arenoso	0.8	29.1	16.878	270.05	2	Economic
36	AN-01	45	33.3	21.7	franco	1	8.3	4.814	96.28	2	Economic
37	AN-01	58.9	22	19.1	franco arenoso	0.9	11.3	6.554	117.97	10	Economic
38	AN-01	33.6	46.7	19.7	franco	1.1	4.7	2.726	59.972	10	Economic
39	AN-01	48.9	21.6	29.5	franco arcilloso arenoso	0.7	11.1	6.438	90.132	15	Economic
40	AN-01	33.2	24	42.8	franco arcilloso	1	7.5	4.35	87	15	Economic
41	AN-01	22.9	57.3	19.8	franco limoso	0.9	7.4	4.292	77.256	5	Economic
42	AN-01	49.6	24.9	25.5	franco arcilloso arenoso	0.8	15.2	8.816	141.06	30	Economic
43	AN-01	44.7	39.6	15.7	franco	0.9	11	6.38	114.84	30	Economic
44	AN-01	74.7	11.6	13.7	arenoso franco	0.9	45.6	26.448	476.06	30	Economic
45	AN-01	53.6	29.3	17.1	franco arenoso	0.9	14	8.12	146.16	60	Economic
46	AN-01	70.9	13.3	15.8	franco arenoso	0.5	44.2	25.636	256.36	60	Economic
47	AN-01	35	33.3	31.7	franco arcilloso	1.1	6	3.48	76.56	60	Economic
48	AN-01	54.3	28	17.7	franco arenoso	0.8	12.5	7.25	116	60	Economic
49	AN-01	48.9	26.9	24.2	franco	0.9	13.8	8.004	144.07	60	Economic
50	AN-01	54.3	28	17.7	franco arenoso	0.9	13.8	8.004	144.07	60	Economic
51	AN-01	61.6	21	17.4	franco arenoso	1.1	10.5	6.09	133.98	60	Economic
52	AN-02	32	38	30	Franco arcillo	1.27	4.85	2.813	71.45	2	Economic
53	AN-02	40	35	25	franco	1.44	2.44	1.4152	40.758	2	Economic
54	AN-02	10	58	32	franco arcillo limoso	1.36	1.62	0.9396	25.557	0	Economic
55	AN-02	44	36	20	franco	1.49	1.85	1.073	31.975	5	Economic
56	AN-02	47	36	17	franco	1.11	7.1	4.118	91.42	2	Economic
57	AN-02	30	41	29	franco arcilloso	1.26	5.04	2.9232	73.665	2	Economic
58	AN-02	46	32	22	franco	1.38	3.59	2.0822	57.469	2	Economic
59	AN-02	50	25	25	franco arcillo arenoso	1.52	1.04	0.6032	18.337	5	Economic
60	AN-02	48	36	16	franco	1.34	4.34	2.5172	67.461	70	Economic
61	AN-02	42	34	24	franco	1.53	0.96	0.5568	17.038	70	Economic
62	AN-02	36	38	26	franco	1.44	2.13	1.2354	35.58	70	Economic
63	AN-02	46	34	20	franco	1.57	0.57	0.3306	10.381	70	Economic
64	AN-02	50	22	28	franco arcillo arenoso	1.38	4.42	2.5636	70.755	5	Economic
65	AN-02	48	34	18	franco	1.58	0.61	0.3538	11.18	5	Economic
66	AN-02	20	40	40	franco arcilloso	1.23	4.9	2.842	69.913	2	Economic

Nº ANEXOS	CÓDIGO	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	Dap (g/cm3)	MOS (%)	CO (58%)	COS (T/ha)	PEND. MÁX	Tipo de Investigación
67	AN-02	58	16	26	franco arcillo arenoso	1.42	4.17	2.4186	68.688	2	Economic
68	AN-03	46.4	32.2	21.4	franco	1.51	2.21	1.2818	38.71	60	Economic
69	AN-03	58.4	35.2	6.4	franco arenoso	1.58	2.78	1.6124	50.952	60	Economic
70	AN-03	50.4	36.8	12.8	franco	1.60	2.82	1.6356	52.339	60	Economic
71	AN-03	47.2	34.4	18.4	franco	1.77	2.7	1.566	55.436	60	Economic
72	AN-03	26.4	46.8	26.8	franco	1.32	3.66	2.1228	56.042	60	Economic
73	AN-03	44.8	33.8	21.4	franco	1.47	5.5	3.19	93.786	60	Economic
74	AN-03	6.8	42.4	50.8	arcilloso limoso	1.31	1.71	0.9918	25.985	60	Economic
75	AN-04	27	60	13	franco limoso	1.21	5.1	2.958	71.584	60	Ecological
76	AN-04	30	55	15	franco limoso	1.31	3.6	2.088	54.706	60	Ecological
77	AN-04	43	43	14	franco	1.18	5.7	3.306	78.022	60	Ecological
78	AN-04	30	42	28	franco limoso	1.48	1.1	0.638	18.885	2	Ecological
79	AN-04	47	37	16	franco	1.52	1.6	0.928	28.211	0.5	Ecological
80	AN-04	57	28	15	franco arenoso	1.51	1.9	1.102	33.28	60	Ecological
81	AN-04	61	24	15	franco arenoso	1.53	1.6	0.928	28.397	60	Ecological
82	AN-04	15	57	28	franco arcillo limoso	1.26	3.6	2.088	52.618	30	Ecological
83	AN-04	60	28	12	franco arenoso	1.37	3.7	2.146	58.8	30	Ecological
84	AN-04	46	36	18	franco	1.23	5.6	3.248	79.901	15	Ecological
85	AN-04	24	53	23	franco limoso	1.29	3.8	2.204	56.863	30	Ecological
86	AN-04	72	20	8	franco arenoso	1.43	2.9	1.682	48.105	30	Ecological
87	AN-04	72	24	4	franco arenoso	1.40	2.6	1.508	42.224	30	Ecological
88	AN-04	54	30	16	franco arenoso	1.52	1.6	0.928	28.211	60	Ecological
89	AN-04	66	11	23	franco arenoso	1.50	2.8	1.624	48.72	10	Ecological
90	AN-04	44	39	17	franco	1.44	2.6	1.508	43.43	2	Ecological
91	AN-04	36	41	23	franco	1.40	2.8	1.624	45.472	0	Ecological
92	AN-04	89	6	5	Franco arenosa	1.49	1.4	0.812	24.198	5	Ecological
93	AN-04	38	28	34	Franco	1.39	3.2	1.856	51.597	30	Ecological
94	AN-04	33	28	39	Franco arcilloso	1.37	3.2	1.856	50.854	60	Ecological
95	AN-04	36	46	18	Franco	1.46	2	1.16	33.872	15	Ecological
96	AN-04	48	36	16	Franco	1.37	3.5	2.03	55.622	60	Ecological
97	AN-04	62	23	15	Franco arenoso	1.50	2	1.16	34.8	5	Ecological
98	AN-04	40	33	27	Franco arcilloso	1.46	1.9	1.102	32.178	30	Ecological
99	AN-04	26	42	32	Franco arcilloso	1.35	2.9	1.682	45.414	10	Ecological
100	AN-04	56	26	18	Franco arenoso	1.50	2	1.16	34.8	30	Ecological
101	AN-04	74	16	10	Franco arenoso	1.53	1.5	0.87	26.622	2	Ecological
102	AN-04	24	48	28	franco	1.35	2.8	1.624	43.848	10	Ecological
103	AN-04	16	62	22	franco limoso	1.30	3.2	1.856	48.256	2	Ecological
104	AN-04	30	52	18	franco limoso	1.32	3.6	2.088	55.123	5	Ecological
105	AN-04	46	30	24	franco	1.43	2.9	1.682	48.105	5	Ecological
106	AN-05	24	40	36	franco arcilloso	1.13	2.26	1.3108	29.624	45	Ecological
107	AN-05	34	35	31	franco arcilloso	1.35	1.95	1.131	30.537	13	Ecological
108	AN-05	34	40	26	franco	1.17	4.52	2.6216	61.345	13	Ecological
109	AN-05	33	33	34	franco arcilloso	1.38	3.12	1.8096	49.945	13	Ecological
110	AN-05	27	41	32	franco arcilloso	1.32	2.65	1.537	40.577	6	Ecological
111	AN-05	28	35	37	franco arcilloso	0.47	4.26	2.4708	23.226	2	Ecological
112	AN-05	65	21	14	franco arenoso	1.43	2.42	1.4036	40.143	25	Ecological
113	AN-05	11	58	31	franco arcilloso limoso	1.22	1.95	1.131	27.596	2	Ecological
114	AN-05	52	22	26	franco arenoso	1.31	2.26	1.3108	34.343	2	Ecological
115	AN-05	65	15	20	franco arcilloso	1.25	0.23	0.1334	3.335	55	Ecological
116	AN-06	18	24	58	franco arcilloso	1.28	2.53	1.4674	37.565	60	Economic
117	AN-07	71.6	9.6	18.8	franco arenosa	0.63	4	2.32	29.232	0	Economic
118	AN-07	40.4	36	23.6	franco	1.32	1	0.58	15.312	0	Economic

Nº ANEXOS	CÓDIGO	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	Dap (g/cm3)	MOS (%)	CO (58%)	COS (T/ha)	PEND. MÁX	Tipo de Investigación
119	AN-07	51.6	32.4	16	franco	1.39	2	1.16	32.248	0	Economic
120	AC-01	51	31	18	franco	1.2	6.45	3.741	89.784	25	Ecological
121	AC-01	46	36	18	franco	1.2	2.69	1.5602	37.445	25	Ecological
122	AC-01	50	30	20	franco	1.3	4.16	2.4128	62.733	25	Ecological
123	AC-01	57	25	18	franco arenoso	1.1	4.7	2.726	59.972	25	Ecological
124	AC-01	60	24	16	franco arenoso	1.3	4.3	2.494	64.844	55	Ecological
125	AC-01	52	28	20	franco arcilloso arenoso	1.4	2.15	1.247	34.916	2	Ecological
126	AC-01	61	19	20	franco arcilloso arenoso	1.6	2.15	1.247	39.904	13	Ecological
127	AC-01	52	24	24	franco arcillo arenoso	1.5	3.22	1.8676	56.028	13	Ecological
128	AC-01	52	30	18	franco arenoso	1.2	2.55	1.479	35.496	25	Ecological
129	AC-01	36	40	24	franco	1.3	6.45	3.741	97.266	13	Ecological
130	AC-02	65	14	21	franco arenoso	1.43	0.76	0.4408	12.607	60	Ecological
131	AC-03	55	28	17	franco arenoso	1.57	0.81	0.4698	14.752	0	Economic
132	AC-04	53	23	24	franco arcilloso arenoso	1.42	2.25	1.305	37.062	2	Economic
133	AC-05				franco arenoso	1.5	1.27	0.7366	22.098	0	Economic
134	AC-05				franco arenoso	1.4	1.27	0.7366	20.625	0	Economic
135	AC-05				franco arenoso	1.4	1.27	0.7366	20.625	0	Economic
136	AC-05				franco arenoso	1.5	1.27	0.7366	22.098	3	Economic
137	AC-05				franco arenoso	1.6	1.27	0.7366	23.571	3	Economic
138	AC-05				franco arenoso	1.5	1.27	0.7366	22.098	3	Economic
139	AC-05				franco arenoso	1.7	1.27	0.7366	25.044	3	Economic
140	AC-05				franco arcillo arenoso	1.6	2.07	1.2006	38.419	3	Economic
141	AC-05				franco arenoso	1.5	2.07	1.2006	36.018	3	Economic
142	AC-05				franco arcillo arenoso	1.3	2.07	1.2006	31.216	3	Economic
143	AC-05				franco arcillo arenoso	1.2	2.07	1.2006	28.814	3	Economic
144	AC-05				franco arcillo arenoso	1.4	2.07	1.2006	33.617	3	Economic
145	AC-05				franco arcillo arenoso	1.4	2.07	1.2006	33.617	3	Economic
146	AC-05				franco arcillo arenoso	1.5	1.44	0.8352	25.056	3	Economic
147	AC-05				franco arcillo arenoso	1.5	1.44	0.8352	25.056	3	Economic
148	AC-05				franco arenoso	1.6	1.44	0.8352	26.726	3	Economic
149	AC-05				franco arcillo arenoso	1.6	1.44	0.8352	26.726	3	Economic
150	AC-05				franco arcillo arenoso	1.4	1.44	0.8352	23.386	3	Economic
151	AC-05				franco arcillo arenoso	1.3	1.13	0.6554	17.04	0	Economic
152	AC-05				franco arcillo arenoso	1.6	1.13	0.6554	20.973	0	Economic
153	AC-05				franco arcillo arenoso	1.5	1.13	0.6554	19.662	0	Economic
154	AC-05				franco arenoso	1.4	1.13	0.6554	18.351	0	Economic
155	AC-05				franco arenoso	1.4	1.27	0.7366	20.625	0	Economic
156	AC-06	60	23	17	franco arenoso	1.36	0.9	0.522	14.198	2	Economic
157	AC-07	63.6	29.3	7.1	franco arcilloso arenoso	1.57	1.02	0.5916	18.576	2	Economic
158	AC-07	67.6	25.3	7.1	franco arcilloso arenoso	1.37	1.5	0.87	23.838	2	Economic
159	AC-08	6.5	29.3	64.2	franco arcilloso	1.09	1.18	0.6844	14.92	0.5	Economic
160	AC-08	19.8	32	48.2	franco arcilloso	1.09	1.28	0.7424	16.184	1	Economic

Nº ANEXOS	CÓDIGO	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	Dap (g/cm3)	MOS (%)	CO (58%)	COS (T/ha)	PEND. MÁX	Tipo de Investigación
161	AC-08	1.1	55.3	43.6	franco arcilloso limoso	1.56	1.23	0.7134	22.258	0	Economic
162	AC-08	59.63	4.33	36.04	franco arenoso	1.28	0.48	0.2784	7.127	0	Economic
163	AC-09	2.6	42.8	54.6	ARCILLOSO LIMOSO	1.19	2.31	1.3398	31.887	5	Economic
164	AC-09	37.6	38	24.4	franco	1.54	0.62	0.3596	11.076	5	Economic
165	AC-09	43.4	15.2	41.4	arcilloso	1.43	2.78	1.6124	46.115	5	Economic
166	AC-09	17.6	48	34.4	franco arcilloso limoso	1.41	1.14	0.6612	18.646	5	Economic
167	AC-09	16.4	59.8	23.8	franco limoso	1.46	0.92	0.5336	15.581	5	Economic
168	AC-09	36.8	36	27.2	franco arcilloso	1.51	1.44	0.8352	25.223	5	Economic
169	AC-09	38.8	34	27.2	franco arcilloso	1.52	0.83	0.4814	14.635	5	Economic
170	AC-09	20.8	56	23.2	franco limoso	1.53	0.3	0.174	5.3244	5	Economic
171	AC-09	5.4	31	63.6	arcilloso	1.18	0.48	0.2784	6.5702	5	Economic
172	AC-09	19.4	36	44.6	franco arcilloso	1.32	2.14	1.2412	32.768	5	Economic
173	AC-09	72.2	9	18.8	franco arenoso	1.62	0.26	0.1508	4.8859	5	Economic
174	AC-09	8	37.2	54.8	arcilloso limoso	1.23	1	0.58	14.268	5	Economic
175	AC-09	67	12.2	20.8	franco arcillo arenoso	1.62	0.35	0.203	6.5772	5	Economic
176	AC-09	75	7.2	17.8	franco arenoso	1.62	0.28	0.1624	5.2618	5	Economic
177	AC-09	35.4	32.2	32.4	franco arcilloso	1.44	1.85	1.073	30.902	5	Economic
178	AC-09	14.8	56	29.2	franco arcillo limoso	1.48	0.38	0.2204	6.5238	5	Economic
179	AC-09	16.8	47	36.2	franco arcillo limoso	1.4	1.22	0.7076	19.813	5	Economic
180	AC-09	18.8	49	32.2	franco arcillo limoso	1.44	0.76	0.4408	12.695	5	Economic
181	AC-09	49.8	28.2	22	franco	1.58	0.5	0.29	9.164	5	Economic
182	AC-10	93	6	1	Arenoso	1.51	0.41	0.2378	7.1816	5	Economic
183	AC-10	85	12	3	arenoso	1.54	0.38	0.2204	6.7883	5	Economic
184	AC-10	87	10	3	arenoso	1.08	7.29	4.2282	91.329	0	Economic
185	AC-10	92	7	1	arenoso	1.5	0.7	0.406	12.18	5	Economic
186	AC-10	94	3	3	arenoso	1.51	0.59	0.3422	10.334	5	Economic
187	AC-10	94	3	3	arenoso	1.48	0.97	0.5626	16.653	0	Economic
188	AC-10	94	3	3	arenoso	1.49	0.83	0.4814	14.346	5	Economic
189	AC-10	94	3	3	arenoso	1.53	0.21	0.1218	3.7271	5	Economic
190	AC-10	92	7	1	arenoso	1.49	0.87	0.5046	15.037	0	Economic
191	AC-10	94	3	3	arenoso	1.52	0.35	0.203	6.1712	5	Economic
192	AS-01	76	4	20	franco arcillo arenoso	1.54	0.77	0.4466	13.755	10	Socio-cultural
193	AS-01	80	2	18	arenoso	1.3	1.02	0.5916	15.382	10	Socio-cultural
194	AS-01	72	12	16	arenoso	1.4	1.01	0.5858	16.402	30	Socio-cultural
195	AS-02	46.56	28	25.44	franco	1.54	1.07	0.6206	19.114	0	Economic
196	AS-02	46.72	32.2	21.08	franco	1.51	1.69	0.9802	29.602	0	Economic
197	AS-02	44	28.92	27.08	francon arenoso	1.49	1.69	0.9802	29.21	3	Economic
198	AS-02	59.28	18	22.72	franco arcillo arenoso	1.57	0.94	0.5452	17.119	10	Economic
199	AS-03	71	19	10	arenoso franco	1.52	0.046	0.0267	0.8111	0	Ecological
200	AS-03	61	27	12	franco arenoso	1.45	0.39	0.2262	6.5598	0	Ecological
201	AS-03	91	4	5	arenoso	1.56	1.01	0.5858	18.277	12	Ecological
202	AS-03	71	16	13	arenoso franco	1.59	0.86	0.4988	15.862	0	Ecological
203	AS-03	61	25	14	franco arenoso	1.39	2.25	1.305	36.279	18	Ecological
204	AS-03	24	33	43	franco	1.16	3.57	2.0706	48.038		Ecological
205	AS-03	30	15	55	franco arcilloso	1.37	0.46	0.2668	7.3103		Ecological
206	AS-03	24	47	29	franco limoso	1.06	5.25	3.045	64.554		Ecological
207	AS-03	13	64	23	franco limoso	1.22	3.12	1.8096	44.154		Ecological
208	AS-03	22	3	75	franco arcilloso arenoso	1.42	0.99	0.5742	16.307		Ecological
209	AS-03	28	28	44	franco arcilloso	1.3	1.28	0.7424	19.302		Ecological

Nº ANEXOS	CÓDIGO	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	Dap (g/cm3)	MOS (%)	CO (58%)	COS (T/ha)	PEND. MÁX	Tipo de Investigación
210	AS-03	70	12	18	franco arenoso	1.3	2.07	1.2006	31.216		Ecological
211	AS-03	40	40	20	franco	1.32	1.83	1.0614	28.021		Ecological
212	AS-03	47	31	22	franco	1.41	1.83	1.0614	29.931		Ecological
213	AS-03	62	14	24	franco areno arcilloso	1.52	2.07	1.2006	36.498		Ecological

ANEXO D. pH. Conductividad Eléctrica. Capacidad de Intercambio Catiónico.

Macronutrientes.

COD. = Código asignado a cada Tesis de grado. CE = Conductividad Eléctrica. CIC = Capacidad de intercambio Catiónico. C

TOTAL =Carbono Total

Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/100g)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	C TOTAL	Na (meq/100g)	Al (meq/100g)	METODOLOGÍA
1	AN-01	5.9	0.002	19.2	0	0	0	15	6.2	26.6	0.2		
2	AN-01	6.6	0.005	26.9	0.002	52.6	1.3	21.4	6.9	31.8	0.2		
3	AN-01	6.6	0.005	27.5	0	5.6	0.5	19.4	10.9	26	0.11		
4	AN-01	6	0.023	30.2	0	4.5	0.9	22.4	10.5	23.9	0.2		
5	AN-01	5.8	0.002	22.1	0	12.3	0.9	12.3	7.2	26.9	0.23		
6	AN-01	6.8	0.019	11.7	0.009	23	0.5	8.2	2.2	16.1	0.23		
7	AN-01	5.1	0.002	9.1	0.002	19	0.4	7.8	1.5	20.7	0.14		
8	AN-01	5.1	0.002	13.1	0.014	69.4	0.8	8.4	2.1	16.8	0.23		
9	AN-01	5.7	0.002	9.4	0.002	13.4	0.1	6.3	3.5	20.9	0.15		
10	AN-01	5.8	0.002	33	0	24.6	2.1	30.9	4	18.3	0.23		
11	AN-01	4.4	0.002	12.6	0.009	30.2	1	7.5	3.4	30.1	1.52		
12	AN-01	4.6	0.002	9.4	0.009	28	0.4	6	1.9	20.6	0.23		
13	AN-01	4.7	0.002	8	0	21.8	0.5	5.8	2.7	15.7	1.52		
14	AN-01	4.2	0.002	5.7	0.005	15.7	0.3	3.7	1.3	25.8	0.14		
15	AN-01	5.1	0.002	6.9	0.012	13.4	0.5	3.4	1	17.4	0.14		
16	AN-01	5.5	0.002	5.5	0	24.6	0.5	4.5	1.1	20.1	0.16		
17	AN-01	3.7	0.002	9.6	0.021	20.2	0.6	4	1.2	18.8	0.16		
18	AN-01	4.4	0.002	10.8	0.012	15.1	0.5	7.2	1.6	21.4	0.16		
19	AN-01	5.9	0.003	16	0.009	168.6	1.7	9.5	4.6	20.9	0.21		
20	AN-01	3.4	0.002	11.7	0.045	24.6	0.5	1.5	0.4	17.8	0.21		
21	AN-01	3.6	0.001	8.7	0.016	25.2	0.5	3.8	1.6	27.2	0.15		
22	AN-01	4.7	0.001	10.1	0.014	29.1	0.5	5.2	2.2	19.1	0.21		
23	AN-01	4.3	0.001	9	0.016	20.7	0.3	3.1	2.7	15.5	0.15		
24	AN-01	3.6	0.003	11.8	0.014	38.1	0.7	5.7	3.4	21.1	0.19		
25	AN-01	4.6	0.003	13.4	0.035	29.1	0.9	4	1.7	10.1	0.25		
26	AN-01	4	0.002	14.8	0.045	15.7	1	2.9	2.1	22.6	0.17		
27	AN-01	4.1	0.002	15.4	0.026	14	0.6	4.7	5.7	23.2	0.14		
28	AN-01	4.3	0.002	15.2	0.024	32.5	0.3	8.2	2.9	18.1	0.16		
29	AN-01	3.7	0.001	16	0.045	27.4	0.7	4.9	1.8	18.6	0.16		

Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/10 Og)	N (%)	P (ppm)	K (meq/10 Og)	Ca (meq/10 Og)	Mg (meq/10 Og)	C TOTAL	Na (meq/10 Og)	Al (meq/10 Og)	METODOLOGÍA
30	AN-01	4	0.001	14.6	0.052	17.9	0.2	2.8	1	37.3	0.12		
31	AN-01	4.1	1E-03	14.2	0.063	36.4	0.2	0.4	0.1	19.4	0.12		
32	AN-01	3.4	0.001	16	0.073	44.8	0.2	0.3	0.1	19.1	0.12		
33	AN-01	4.4	0.001	25	0.024	65.5	0.6	15	6.8	16.7	0.19		
34	AN-01	4.1	0.001	6.8	0.012	15.7	0.2	2.8	1.9	29.2	0.12		
35	AN-01	3.3	0.004	14.2	0.061	6.2	0	0.9	0.4	16.2	0.41		
36	AN-01	3.9	9E-04	20.7	0.061	19.6	0.4	6.6	1.6	19.5	0.15		
37	AN-01	4.2	0.002	28.1	0.054	7.3	0.3	13.7	4.6	16.7	0.2		
38	AN-01	4.6	1E-03	14.5	0.026	6.7	0.3	6.5	3.3	20.4	0.17		
39	AN-01	4.4	0.001	14.4	0.052	55.4	0.4	2.8	0.6	21.4	0.18		
40	AN-01	3.7	0.001	19.1	0.054	15.1	1.1	5.4	2	27.8	0.22		
41	AN-01	4	0.001	22.5	0.059	20.2	1	8	2.1	21.9	0.19		
42	AN-01	3.6	0.004	16.5	0.066	23.5	0.4	1.9	0.5	20	0.22		
43	AN-01	3.6	0.002	17.7	0.071	22.4	0.17	2.1	0.5	17.6	3.2		
44	AN-01	4.3	0.003	29.8	0.031	26.9	1.4	19.5	5.3	12.8	0.22		
45	AN-01	4.5	0.001	27.6	0.063	16.8	0.9	9.1	5.8	16.8	0.11		
46	AN-01	3.5	0.001	13.7	0.04	32.5	0.6	2.9	2.3	14	0.22		
47	AN-01	3.7	0.001	14	0.056	4.5	0.2	0.8	0.6	24	0.11		
48	AN-01	3.8	0.002	21.6	0.066	38.1	0.5	6.4	1.6	16.9	0.23		
49	AN-01	3.6	0.002	32	0.075	30.8	0.6	14	3.4	19.7	0.25		
50	AN-01	3.5	0.002	23.3	0.085	34.2	0.5	4.4	0.9	16.9	0.11		
51	AN-01	3.6	0.001	20.4	0.082	20.7	0.4	2.3	0.6	15.8	0.23		
52	AN-02	5.31	0.001	6.8	0.87	12.29	0.25	3.76	0.74	0	0.43		Walkley y Black, (1934)
53	AN-02	5.43	1E-03	4.62	0.48	19.66	0.14	3.2	0.05	0	0.27		Walkley y Black, (1934)
54	AN-02	5.12	0.001	4.89	0.33	13.82	0.39	2.57	1.06	0	0.26		Walkley y Black, (1934)
55	AN-02	4.87	0.002	8.79	0.41	19.27	0.11	0	0	0	0.42		Walkley y Black, (1934)
56	AN-02	4.96	0.002	13.63	3.61	5.72	0.52	7.47	2.31	0	0.79		Walkley y Black, (1934)
57	AN-02	6.41	0.001	5.9	0.85	16.99	0.48	2.77	1.12	0	0.53		Walkley y Black, (1934)
58	AN-02	5	0.003	6.74	0.7	3.95	0.37	3.71	1.46	0	0.4		Walkley y Black, (1934)
59	AN-02	5.24	0.001	6.75	0.3	2	0.26	3.41	1.96	0	0.41		Walkley y Black, (1934)
60	AN-02	4.78	6E-04	6.46	1.58	20.66	0.26	1.42	0.48	0	0.39		Walkley y Black, (1934)
61	AN-02	5.33	7E-04	3.72	0.06	2.87	0.32	1.85	0.69	0	0.26		Walkley y Black, (1934)
62	AN-02	4.89	4E-04	4.54	0.14	15.65	0.09	1.88	0.51	0	0.45		Walkley y Black, (1934)
63	AN-02	5.61	7E-04	4.67	0.05	4.43	0.09	2.55	0.91	0	0.32		Walkley y Black, (1934)
64	AN-02	5.65	4E-04	5.89	0.28	8.63	0.48	2.86	0.77	0	0.43		Walkley y Black, (1934)
65	AN-02	5.46	7E-04	7.96	0.07	5.86	0.28	4.65	2.11	0	0.47		Walkley y Black, (1934)
66	AN-02	5.91	0.002	21.36	1.03	5.65	1.54	10.72	6.96	0	1.34		Walkley y Black, (1934)
67	AN-02	6.07	0.001	11.79	0.81	1.97	0.34	2.42	2.85	0	0.78		Walkley y Black, (1934)
68	AN-03	4.62	0.113	27.5	0.07	6.67							Walkley y Black, (1934)

Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/10 Og)	N (%)	P (ppm)	K (meq/10 Og)	Ca (meq/10 Og)	Mg (meq/10 Og)	C TOTAL	Na (meq/10 Og)	Al (meq/10 Og)	METODOLOGÍA
69	AN-03	4.86	0.284		0.1	7.1							Walkley y Black, (1934)
70	AN-03	5.57	0.236	20.41	0.11	6.67							Walkley y Black, (1934)
71	AN-03	4.64	0.057	27.94	0.11	7.1							Walkley y Black, (1934)
72	AN-03	6.54	0.18	36.51	0.15	6.67							Walkley y Black, (1934)
73	AN-03	6.85	0.124	35.72	0.15	6.67							Walkley y Black, (1934)
74	AN-03	6.5	0.428	55.65	0.06	6.01							Walkley y Black, (1934)
75	AN-04	7	0.127	15.7	0.36	64	1.8	11.7	1.8		0.4		Walkley y Black, (1934)
76	AN-04	6.4	0.024	6.6	0.23	8	0.32	4	1.9		0.16		Walkley y Black, (1934)
77	AN-04	5.7	0.024	4.93	0.47	7	0.57	2.7	1.3		0.16		Walkley y Black, (1934)
78	AN-04	6.3	0.026	11.66	0.11	13	0.29	7.4	3.6		0.17		Walkley y Black, (1934)
79	AN-04	6.8	0.068	11.48	0.13	4	0.32	8.2	2.7		0.16		Walkley y Black, (1934)
80	AN-04	6.9	0.08	10.66	0.13	4	0.41	7.3	2.7		0.15		Walkley y Black, (1934)
81	AN-04	5.6	0.012	1.8	0.11	5	0.2	0.9	0.4		0.11		Walkley y Black, (1934)
82	AN-04	6.6	0.096	19.96	0.22	4	1.5	13.2	4.8		0.36		Walkley y Black, (1934)
83	AN-04	6.1	0.012	2.08	0.25	8	0.33	0.9	0.7		0.15		Walkley y Black, (1934)
84	AN-04	5.5	0.011	1.3	0.41	8	0.2	0.3	0.11		0.09		Walkley y Black, (1934)
85	AN-04	6.5	0.115	20.58	0.26	53	0.87	14.6	4.8		0.21		Walkley y Black, (1934)
86	AN-04	5.9	0.058	2.94	0.19	10	0.59	1.4	0.6		0.15		Walkley y Black, (1934)
87	AN-04	5.6	0.012	1.02	0.18	5	0.21	0.3	0.1		0.11		Walkley y Black, (1934)
88	AN-04	5.6	0.012	2.1	0.11	5	0.2	0.9	0.2		0.11		Walkley y Black, (1934)
89	AN-04	5.9	0.021	4.22	0.5	6	0.37	2.3	1.2		0.15		Walkley y Black, (1934)
90	AN-04	6	0.03	8.57	0.15	3	0.2	5.7	2.3		0.17		Walkley y Black, (1934)
91	AN-04	6.5	0.098	16.33	0.19	3	0.58	12.8	2.7		0.15		Walkley y Black, (1934)
92	AN-04	6.8	0.046	7.22	0.09	2	0.16	4.8	2		0.16		Walkley y Black, (1934)
93	AN-04	7	0.112	22.78	0.26	3	0.37	20.1	2.1		0.21		Walkley y Black, (1934)
94	AN-04	7	0.112	22.38	0.26	3	0.37	15.4	6.4		0.21		Walkley y Black, (1934)
95	AN-04	7.2	0.2	17.47	3.8	47	1.2	14.4	1.6		0.27		Walkley y Black, (1934)
96	AN-04	7.3	0.073	11.43	0.21	3	0.76	8.9	1.6		0.17		Walkley y Black, (1934)
97	AN-04	7.2	0.067	7.92	0.12	26	0.29	5.4	2		0.23		Walkley y Black, (1934)
98	AN-04	7.2	0.067	15.5	0.12	2	0.41	12.8	2.1		0.19		Walkley y Black, (1934)
99	AN-04	7	0.09	17.46	0.26	3	0.51	15.4	1.4		0.15		Walkley y Black, (1934)
100	AN-04	6.6	0.02	5.9	0.12	4	0.33	2.8	2.5		0.15		Walkley y Black, (1934)
101	AN-04	6.3	0.033	2.78	0.09	12	0.18	1.6	0.6		0.17		Walkley y Black, (1934)
102	AN-04	6	0.058	3.59	0.22	3	0.21	1.1	0.8		0.08		Walkley y Black, (1934)
103	AN-04	5.9	0.066	8.09	0.27	6	0.86	3.7	3.1		0.23		Walkley y Black, (1934)
104	AN-04	5.1	0.067	2.15	0.21	18	0.59	0.6	0.24		0.32		Walkley y Black, (1934)
105	AN-04	5.8	0.029	5.98	0.19	6	0.31	2.4	2.9		0.17		Walkley y Black, (1934)

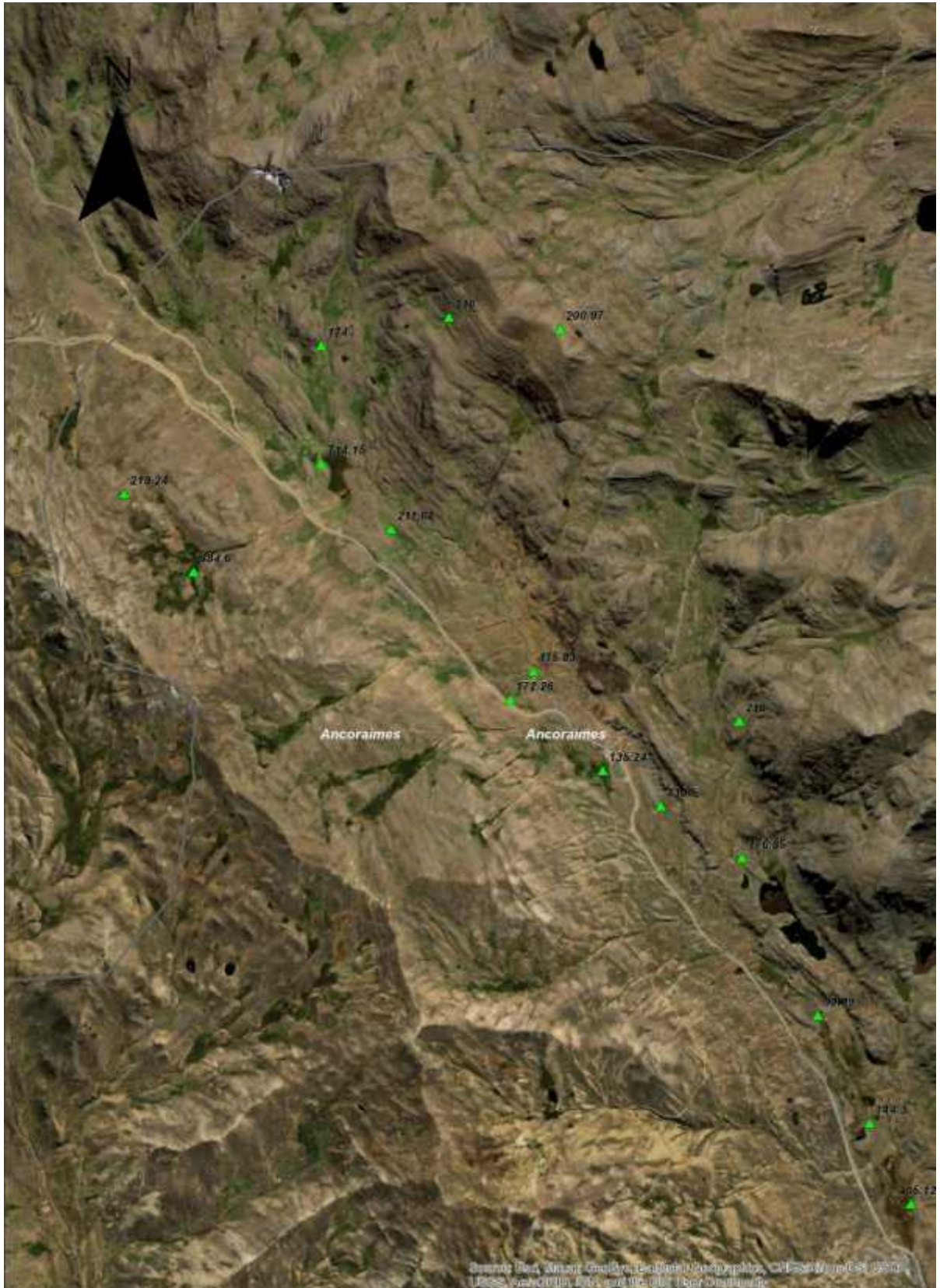
Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/10 Og)	N (%)	P (ppm)	K (meq/10 Og)	Ca (meq/10 Og)	Mg (meq/10 Og)	C TOTAL	Na (meq/10 Og)	Al (meq/10 Og)	METODOLOGÍA
106	AN-05	7.4	0.29	28.68	0.16	0.09	0.04	12.93	0.81		0.09		Walkley y Black, (1934)
107	AN-05	4.5	0.34	11.6	0.18	2.54	0.4	4.43	0.94		0.12		Walkley y Black, (1934)
108	AN-05	4.8	0.4	18.42	0.23	1.74	0.43	4.42	2.63		0.08		Walkley y Black, (1934)
109	AN-05	5.4	0.52	15.49	0.16	2.17	0.5	5.41	1.76		0.09		Walkley y Black, (1934)
110	AN-05	6.2	0.55	17.54	0.14	9.9	0.29	5.64	1.51		0.05		Walkley y Black, (1934)
111	AN-05	6.5	0.14	40.99	0.76	0.4	0.68	17.16	5.65		0.28		Walkley y Black, (1934)
112	AN-05	6.2	0.13	10.5	0.17	1.22	0.21	3.44	4.04		0.08		Walkley y Black, (1934)
113	AN-05	6.8	0.4	13.14	0.18	0.69	0.18	4.92	3.84		0.09		Walkley y Black, (1934)
114	AN-05	5.8	0.3	11.67	0.16	2.45	0.3	2.83	0.74		0.09		Walkley y Black, (1934)
115	AN-05	6.2	0.04	2.88	0.09	2.42	0.16	0.87	0.27		0.03		Walkley y Black, (1934)
116	AN-06	4.5	0.061	3.36	0.11	14.37	0.29	1.44	0.96		0.17	1.99	Walkley y Black, (1934)
117	AN-07	8	0		0.34	0.97	0.51	3.5	0.04				se determinó con un equipo portátil (Modelo STH-14 código 5010-01)
118	AN-07	6	0		0.06	0.48	0.28	14	1.25				se determinó con un equipo portátil (Modelo STH-14 código 5010-01)
119	AN-07	5.4	0		0.57	0.48	0.51	14	0.08				se determinó con un equipo portátil (Modelo STH-14 código 5010-01)
120	AC-01	5.92	0.32	4.61	2.5	56.12	0.68	1.52	3.39				Walkley y Black, (1934)
121	AC-01	6.06	0.09	2.94	1.54	6.28	0.45	1.35	3.98				Walkley y Black, (1934)
122	AC-01	5.8	0.057	2.27	1.48	6.13	0.412	0.95	3.25				Walkley y Black, (1934)
123	AC-01	6.15	0.03	3.42	1.65	2.79	0.37	3.49	4.5				Walkley y Black, (1934)
124	AC-01	6.45	34.5	2.95	1.27	6.35	0.27	4.8	4.62				Walkley y Black, (1934)
125	AC-01	6.78	0.065	4.1	0.64	39.36	0.62	0.49	3.57				Walkley y Black, (1934)
126	AC-01	6.74	1E-04	3.5	1.21	16.27	0.55	0.51	0.51				Walkley y Black, (1934)
127	AC-01	6.2	0.15	4.29	0.63	8.72	0.56	2.04	4.56				Walkley y Black, (1934)
128	AC-01	6.56	1.18	4.8	1.43	3.42	0.52	2.82	5.06				Walkley y Black, (1934)
129	AC-01	5.87	0.24	4.46	1.4	4.6	0.5	2.4	4.4				Walkley y Black, (1934)
130	AC-02	6.47	0.085	6.75	1E-04	0.07	0.59	0				3.58	Walkley y Black, (1934)
131	AC-03	7.09	0.25	11.66	1.386	2.9	0.36	8.2	1.9	0	1.2		Walkley y Black, (1934)
132	AC-04	7.66	0.185	22.39	0.11	62.1	1.53	17.03	3.14		0.64		Walkley y Black, (1934)
133	AC-05	7.8	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
134	AC-05	7.15	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
135	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
136	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
137	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
138	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)

Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/100g)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	C TOTAL	Na (meq/100g)	Al (meq/100g)	METODOLOGÍA
139	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
140	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
141	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
142	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
143	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
144	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
145	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
146	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
147	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
148	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
149	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
150	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
151	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
152	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
153	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
154	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
155	AC-05	7	0		0	0		0					Walkley y Black, (1934)
156	AC-06	6.75	0.148	11.64	0.04	15.05	0.86	6.24	4.32		0.19	0.03	Walkley y Black, (1934)
157	AC-07	5.1	0	7.5	0.054	27.5				0			
158	AC-07	5.2	0	7.5	0.07	27.5				0			
159	AC-08	5.9	0.2	9	0.09	101	1.253			0.92			oxidación húmeda en dicromato de potasio con calentamiento externo a 150°C por 45 minutos y se estimó colorimétricamente a una longitud de onda de 600 nm.
160	AC-08	5.8	0.23	12.6	0.8	17	0.509			0.92			oxidación húmeda en dicromato de potasio con calentamiento externo a 150°C por 45 minutos y se estimó colorimétricamente a una longitud de onda de 600 nm.
161	AC-08	6.4	0.25	15.5	0.08	27	0.583			0.84			oxidación húmeda en dicromato de potasio con calentamiento externo a 150°C por 45 minutos y se estimó colorimétricamente a una longitud de onda de 600 nm.

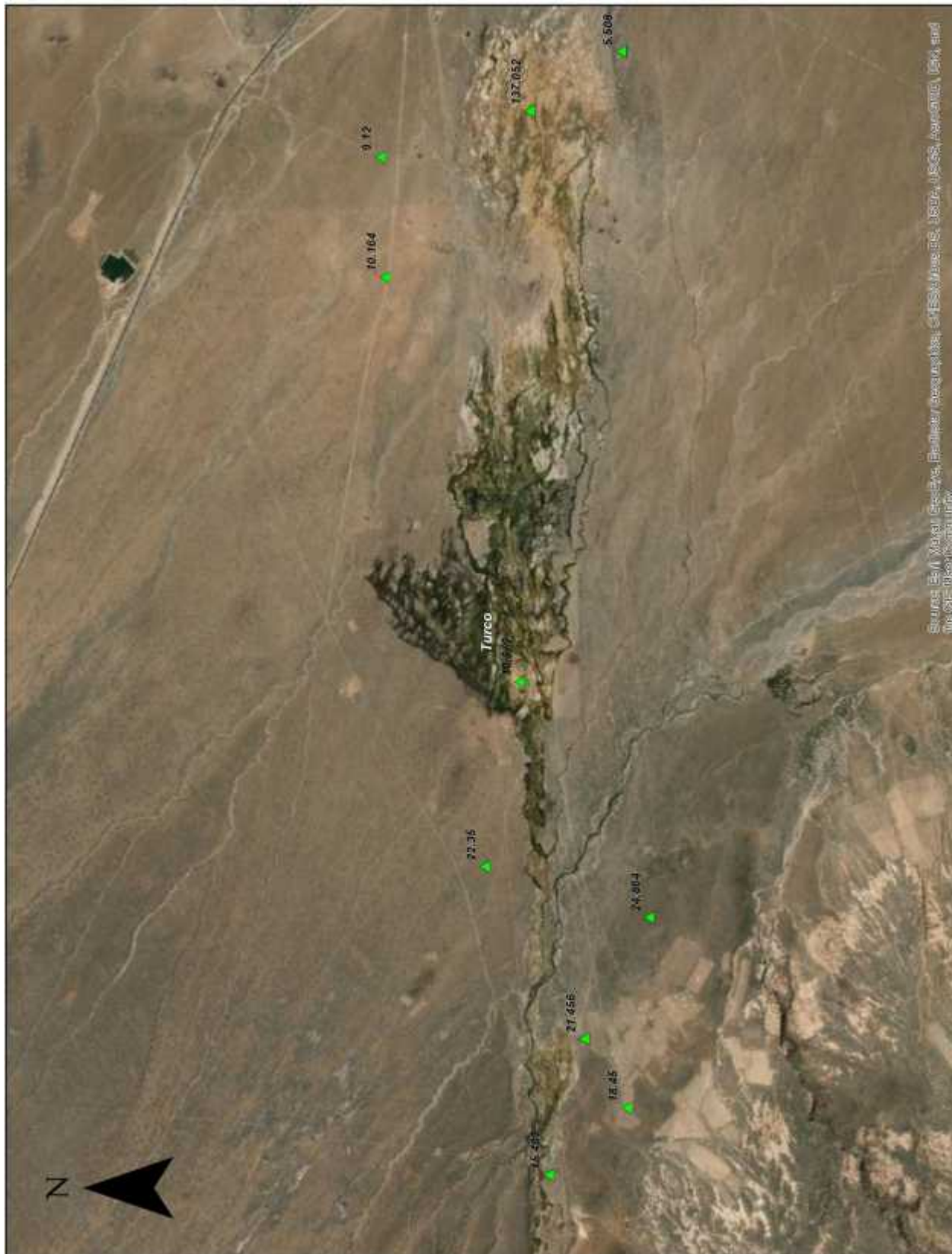
Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/10 Og)	N (%)	P (ppm)	K (meq/10 Og)	Ca (meq/10 Og)	Mg (meq/10 Og)	C TOTAL	Na (meq/10 Og)	Al (meq/10 Og)	METODOLOGÍA
162	AC-08	7.6	0.2	13.2	0.03	15	0.389			0.56			oxidación húmeda en dicromato de potasio con calentamiento externo a 150°C por 45 minutos y se estimó colorimétricamente a una longitud de onda de 600 nm.
163	AC-09	7.97	0.095		0.18	40.79	1.5	20.45	7.21	1.34	12.3		Walkley y Black, (1934)
164	AC-09	8.28	0.47		0.07	17.72		0		0.36			Walkley y Black, (1934)
165	AC-09	7.33	0.79		0.09	14.36	1.25	25.73	7.24	1.61	5.27		Walkley y Black, (1934)
166	AC-09	7.66	0.004	4.46	0.14	47.79	0.5	2.4	4.4	0.66			Walkley y Black, (1934)
167	AC-09	7.83	0.06	4.46	0.04	13.35	0.36	7.31	1.32	0.54	0.1		Walkley y Black, (1934)
168	AC-09	7.29	0.12		0.13	14.82		0		0.84			Walkley y Black, (1934)
169	AC-09	7.64	1.81		0.08	32.47		0		0.48			Walkley y Black, (1934)
170	AC-09	8.34	1.42		0.08	74.08	0.17	19.56	3.81	0.18	2.26		Walkley y Black, (1934)
171	AC-09	8.18	0.009		0.06	40.79	2.76	31.28	6.57	0.28	31.05		Walkley y Black, (1934)
172	AC-09	8.85	0.54		0.12	17.44		0		1.25			Walkley y Black, (1934)
173	AC-09	7.05	0.026		0.01	14.38	0.36	2.72	0.99	0.15	0.08		Walkley y Black, (1934)
174	AC-09	8.07	0.003		0.07	47.79	1.3	26.63	5.03	0.58	5.86		Walkley y Black, (1934)
175	AC-09	6.6	0.041		0.02	13.35	0.37	2.91	1.13	0.21	0.09		Walkley y Black, (1934)
176	AC-09	7.18	0.028		0.03	10.67		0		0.16			Walkley y Black, (1934)
177	AC-09	8.3	1.52		0.17	23.75		0		1.08			Walkley y Black, (1934)
178	AC-09	8.46	0.12		1.14	14.94	0.81	20.16	2	0.22	0.13		Walkley y Black, (1934)
179	AC-09	9.48	0.47		0.71	9.8		0		0.71			Walkley y Black, (1934)
180	AC-09	8.54	0.09		0.4	9.92	0.4	23.35	2.09	0.44	0.14		Walkley y Black, (1934)
181	AC-09	8.62	0.09		0.35	21.3		0		0.29			Walkley y Black, (1934)
182	AC-10	11	1.2	4.9	217	16	1.151	300	4.542	0	1.727		Walkley y Black, (1934)
183	AC-10	7.1	0.06	2.56	201	5	0.358	240	0.609	0	0.319		Walkley y Black, (1934)
184	AC-10	7.1	0.38	10.72	3864	7	1.074	1180	1.843	0	1.914		Walkley y Black, (1934)
185	AC-10	6	0.041	6.4	371	13	0.307	400	0.798	0	0.435		Walkley y Black, (1934)
186	AC-10	6.3	0.03	5.56	313	42	0.307	360	0.601	0	0.435		Walkley y Black, (1934)
187	AC-10	5.7	0.042	7.17	514	34	0.205	320	0.403	0	0.348		Walkley y Black, (1934)
188	AC-10	5	0.043	5.19	440	37	0.205	160	0.798	0	0.304		Walkley y Black, (1934)
189	AC-10	6.5	0.046	9.96	111	8	0.435	560	0.798	0	0.435		Walkley y Black, (1934)
190	AC-10	5.7	0.073	6.25	4.61	26	0.358	400	0.798	0	0.435		Walkley y Black, (1934)
191	AC-10	6.2	0.052	6.57	186	14	0.435	1	0.798	0	0.478		Walkley y Black, (1934)
192	AS-01		0.151	11.91	0.075	6.596	0.37	10.28	0.93		0.33		
193	AS-01		0.046	6.06	0.047	8.77	0.36	4.46	0.92		0.27		
194	AS-01		0.081	9.6	0.077	4.356	0.44	7.12	1.63		0.33		

Nº ANEXOS	CÓD.	pH	CE (dS/m)	CIC (meq/100g)	N (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	C TOTAL	Na (meq/100g)	Al (meq/100g)	METODOLOGÍA
195	AS-02	4.37	0.076	3.68	0.05	8.62	0.29	1.92	0.45		0.13	0.88	
196	AS-02	5.54	0.04	4.38	0.06	11.14	0.5	3.12	0.62		0.09	0.05	
197	AS-02	5.54	0.043	4.38	0.06	11.14	0.5	3.12	0.62		0.09	0.05	
198	AS-02	5.27	0.06	6.98	0.06	4.52	0.4	2.64	0.64		0.13	0.16	
199	AS-03	6.2	0.034	5.56	0.05	6.3	0.36	3.75	1		0.19		Walkley y Black, (1934)
200	AS-03	6	0.109	5.76	0.03	6.4	0.55	3.25	1.3		0.3		Walkley y Black, (1934)
201	AS-03	6.3	0.027	3.93	0.06	4.2	0.22	3	0.5		0.09		Walkley y Black, (1934)
202	AS-03	6.4	0.048	5.74	0.05	3.5	0.29	3.5	1.5		0.19		Walkley y Black, (1934)
203	AS-03	8.4	5.28	11	0.12	15.5	1.85	5	2		3.8		Walkley y Black, (1934)
204	AS-03	6.8	5.3	10.6	0.15	32.4	1.35	5.4	3.6		1.97		Walkley y Black, (1934)
205	AS-03	6.8	9.8	4	0.03	5.4	1.38	22	4		1.97		Walkley y Black, (1934)
206	AS-03	8.3	2.8	12	0.19	19.5	2.55	145	6		2.21		Walkley y Black, (1934)
207	AS-03	8.3	0	11.5	0.15	11.9	1.75	209	3		1.91		Walkley y Black, (1934)
208	AS-03	7.9	0.102	6.9	0.05	8.3	0.44	4	2		0.51		Walkley y Black, (1934)
209	AS-03	8.4	0	22.4	0.07	2.2	1.25	7.5	1.2		14		Walkley y Black, (1934)
210	AS-03	10	2.2	12.3	0.11	11.9	1.46	6	1		4		Walkley y Black, (1934)
211	AS-03	9.3	5.6	11.7	0.11	20	1.67	3	0.65		7.5		Walkley y Black, (1934)
212	AS-03	10	8.9	12.5	0.11	31.3	1.46	1.5	0.25		10.75		Walkley y Black, (1934)
213	AS-03	6.4	0.062	11.6	0.11	9.9	0.55	6.5	3		0.35		Walkley y Black, (1934)

ANEXO E. Municipio de Ancoraimes. Verificación de Bofedales.



ANEXO F. Municipio de Turco. Verificación de Bofedales.



ANEXO G. Referencia de estudio de COS en barbechos.

Cuadro de resultados de Limas Cano, LF; Estupiñan, LH; Zenner De Polania, I. 2020. Estudio de barbechos en el páramo la cumbre y su Relación con la recuperación del suelo. UDCA. Cundinamarca, CO.

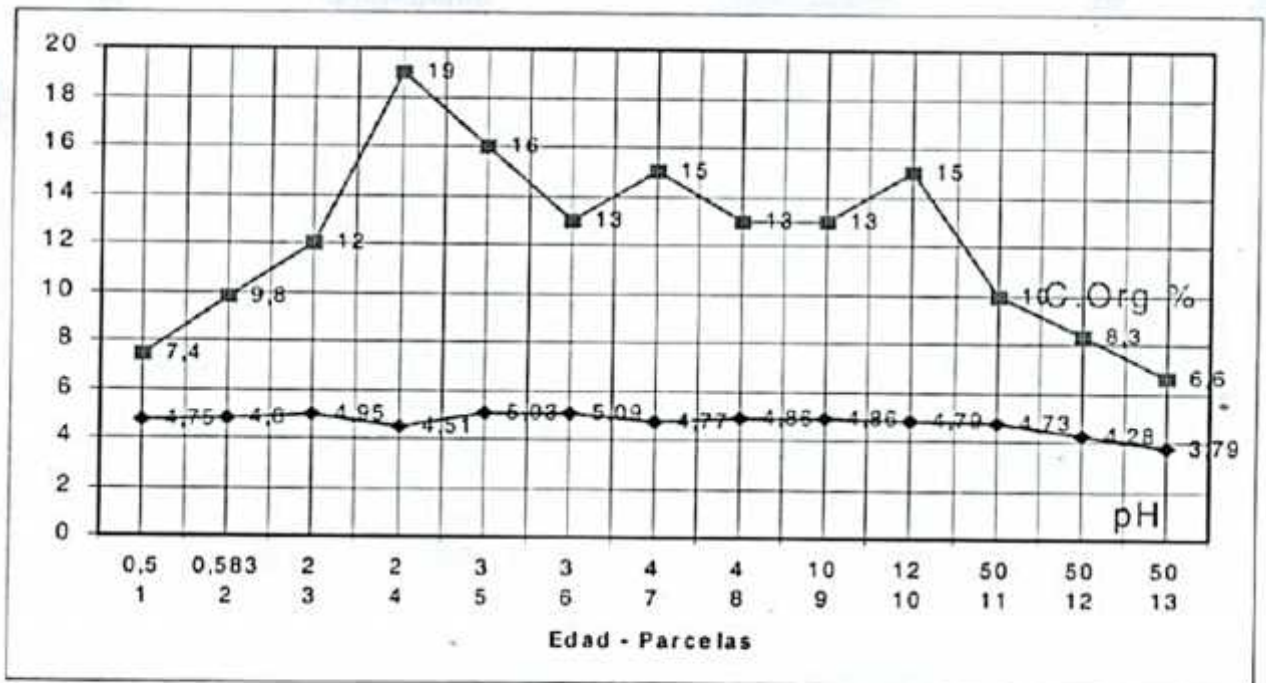


Figura 1. Relación de los valores de pH y Carbono Orgánico a través del tiempo en los diferentes barbechos en el páramo La Cumbre.

ANEXO H. Plataformas de descarga de coberturas nacionales y software.

1. Geografía Física Nacional

<https://cdrnbolivia.org/geografia-fisica-nacional.htm>

2. Geo Bolivia

<https://geo.gob.bo/geonetwork/srv/spa/catalog.search;jsessionid=node0rrztw2rbzuk63yqcg8o00df782.node0#/home>

3. Mapa de zonas agroproductivas. MDRyT (2012)

http://geo.gob.bo/download/?w=mddryt&l=Zonas_agroproductivas19

4. Software Soil Water Characteristics (SWCH - SPAW)

Requiere registro de datos personales e institución para descarga libre

<https://www.ars.usda.gov/research/software/download/?softwareid=492&modecode=80-42-05-10>