

INTRODUCCIÓN

Las interacciones del hombre con la tierra han creado desequilibrios en los ecosistemas, siendo la degradación de suelos y agua la principal causa de los problemas biofísicos y socioeconómicos que se generan. La degradación de tierras está asociada a la degradación de suelos y agua. Las consecuencias de la degradación acelerada de suelos son de similar trascendencia que las de calentamiento global y pérdida de biodiversidad, estando los tres procesos íntimamente relacionados (Pla, 2000).

La vida sobre la tierra depende de las funciones de los suelos productivos de alimentos y reguladores del ciclo hidrológico y de la calidad ambiental. Los suelos son al mismo tiempo la base de la producción agrícola y la base para la manutención de los ecosistemas, muchos de los problemas actuales de degradación de suelos y tierras son debidos a cambios rápidos en el uso de las tierras y de las condiciones ambientales asociadas.

La degradación de suelos es el principal factor que atenta contra la sostenibilidad de la utilización agrícola de las tierras, lo que conduce a crecientes dificultades para producir los requerimientos de alimentos y fibras para la creciente población mundial, especialmente en países en desarrollo. Los principales problemas de degradación de suelos son la erosión, la compactación y la pérdida de fertilidad química.

Cambios en el uso y manejo de las tierras (deforestaciones, labranza excesiva o inadecuada, quemas, descenso de la materia orgánica del suelo) que provoca la degradación de los suelos (Lal, 2000).

Las causas de la degradación de los suelos, entre ellas los cambios de uso y manejo de los suelos no son ajenos en la Provincia O'Connor en particular en la zona de San Simón Saladito donde se realiza actividades agrícolas y ganaderas desde la década de los 50 lo que ha provocado procesos de degradación de los suelos.

Por lo indicado en las líneas de arriba se pretende con el presente trabajo de investigación identificar, determinar y evaluar los procesos de degradación de los suelos provocada por los cambios en su uso y manejo en área de San Simón que afectan al medio ambiente.

JUSTIFICACIÓN

El valor irremplazable del suelo como medio de producción es cosa admitida generalmente, en cambio su vulnerabilidad al abuso aunque se habla mucho de ella, sólo la reconocen plenamente quizás, los especialistas en la materia (FAO y PNUMA, 1980; y FAO, 1995).

El hombre provoca la degradación y contaminación de la superficie terrestre, y ocasiona la disminución de la productividad biológica y la pérdida de la biodiversidad (Etchevers, J.D, 2005).

El suelo es el medio natural dinámico en el cual ocurren transformaciones resultadas de la interacción de procesos físicos, químicos, biológicos y de actividades antrópicas. Estos procesos ocurren de forma simultánea generando un sustrato que brindará nutrientes, agua y sostén para el desarrollo de las plantas terrestres y otros organismos (Soil Survey Staff. 2006; Henríquez, C. y Calbaceta, A. 1999; Gliessman, R. 2002). El suelo está condicionado por cinco factores formadores naturales que son: 1. Material Parental. 2. Tiempo. 3. Clima. 4. Organismos y 5. El Relieve. Como es obvio, el conjunto de estos procesos se verifican a nivel de microrelieve lo que confirman la necesidad de profundizar un estudio del uso y manejo de los suelos en el área de estudio propuesto, con el propósito de identificar diversos factores naturales y antrópicos y talvez socioeconómicos que intervienen en el proceso de degradación de los suelos Estos factores locales serán tomados en cuenta en el estudio del suelo, sin embargo en esta investigación serán complementados con los efectos que la producción agrícola puede tener sobre las características de los mismos que permitirá evaluar los procesos de degradación de los suelos provocada por los cambios en su uso y manejo en el área de San Simón.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La degradación de suelos es el principal factor que atenta contra la sostenibilidad de la utilización agrícola de las tierras, lo que conduce a crecientes dificultades para producir los requerimientos de alimentos y fibras para la creciente población mundial. Los principales problemas de degradación de suelos son la erosión, la compactación y la pérdida de fertilidad química.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿El cambio en el uso y manejo de los suelos provocan procesos de degradación de los suelos en el área de San Simón de la Provincia O'Connor?

HIPÓTESIS

Con el cambio de uso y manejo de los suelos se provoca procesos de degradación de los suelos en el área de San Simón de la Provincia O'Connor.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los procesos de degradación de los suelos provocados por los cambios en el uso y manejo en el área de San Simón, los cuales afecta al medio ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los procesos de degradación mediante análisis físico químico de los suelos.
- Identificar el uso y manejo de los suelos mediante un relevamiento de campo considerando cantidades de hectáreas ocupadas por rubro vinculado a las modificaciones generados por el hombre y mediante encuesta estructurada.
- Evaluar los procesos de degradación del área de San Simón por uso y manejo de los suelos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. MARCO TEÓRICO

De acuerdo al PDM Entre Ríos, 20014-20018 los suelos de área de estudio pertenecen a la Asociación Leptosol – Phaeozem: Ubicada en el sector central, las comunidades de referencia son: Morterito, Tomatirenda, Agua Buena Caldera La Moreta, Entre Ríos, Vallecito Márquez, Los Campos, Saican, San Simón, Serere Norte, Trancas, Baisal, Trementina, Tapequa, Alto los Zarzos, Lagunitas, Ipaguezu, Itiroro; los cerros Machigua, Conventillo, San José, Campo Cajas, Alto Nogal, Loma Alta ,Kellumayo, Cóndor Uma, Alto Chiquiacá, Campo Camacho, Tobar, Piedra Fina, Alto los Zarzos, Ipaguezu y Tayurenda.

El PDM también menciona que el sitio de estudio presenta paisajes de serranías media con pendientes escarpadas, muy escarpadas, litología correspondiente a limonita, arenisca, caliza, dominando relieves extremadamente escarpadas, generalmente cubiertas, bosque ralo caducifolio estacional submontano y un bosque denso estacional nublado, presencia de hojarasca y materia orgánica en estado fibrico. Estos suelos presentan generalmente colores pardos rojizos oscuros, rojo amarillento, textura desde franco arenoso, franco arcillo arenoso, drenaje superficial rápido, pH fuertemente ácido a ligeramente ácido, profundidad efectiva moderadamente a muy profundo.

De acuerdo al estudio realizado por el (MACA, 1977) que tuvo el propósito de clasificar según sus condiciones presentes y lograr el uso y manejo sistematizado de acuerdo a su capacidad productiva de los suelos que se encuentran en las provincias del Gran Chaco y O'Connor del Departamento de Tarija indica que el origen de los suelos en casi la totalidad de ellos (Valle de Yacuiba, Caraparí, Itaú y Entre Ríos), son deposiciones aluviales, profundos y muy profundos. La textura en los horizontes superiores varía desde moderadamente liviana hasta pesada, en las capas inferiores

fluctúa entre texturas medianas a pesadas, bien drenadas o imperfectamente drenadas, erosiones moderadas a severas, condiciones de salinidad normales.

El estudio realizado en el año 1977 también indica que el color predominante en estos suelos es pardo, pardo rojizo, pardo amarillento en húmedo y en seco, la estructura predominante es bloque sub angular, fina y media, débil y fuerte en casi todos los horizontes con ligeras variaciones hacia granular o angular. La consistencia en los suelos de las áreas estudiadas varía ligeramente adherente a adherente ligeramente plástico a plástico y en húmedo suelto, friable a firme, en seco varía a blando, ligeramente duro a duro, la porosidad varía de abundante a frecuente con predominación de poros finos ligeramente calcáreos en algunos suelos, la actividad biológica es buena en todos los horizontes superiores, el contenido de raíces varía de abundante a común. El límite entre horizontes, generalmente es neto con muy pocas variaciones hacia el brusco, topografía plana y ondulada.

Estos suelos en cuanto a la reacción o pH, no presentan problemas, son suelos normales por su bajo contenido de sales, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), es moderada baja y muy baja, la cantidad de nutrientes como el calcio magnesio, sodio y potasio es deficiente, con muy ligeras variaciones hacia niveles altos y moderados. El fósforo disponible es muy alto con variaciones hacia bajo y muy bajo.

Con respecto al Valle de Entre Ríos el estudio del MACA, 1977 indica que pertenece al orden: Entisol, Alfisols, Sub orden: Psamments, Udalfs; Gran grupo: Udipsamments, Agrudalfs, Ferrodalfs. Serie: San Simón, Pajonal y Salinas.

Cuadro N° 1
UTILIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL VALLE DE ENTRE RÍOS

U S O S	SUP/HAS
Para cultivos con sin o con muy pocas limitaciones.	2.970
Para cultivos con moderadas y severas limitaciones.	5.349
Para pastos, ganadería.	--
Para forestales y vida silvestre.	48.252
TOTAL	56.571

Fuente. MACA, 1977

1.1. Los suelos del Valle de Entre Ríos

El MACA, 1977 establecía a la zona de estudio que su geomorfología corresponde a paisajes compuestos donde se puede observar deposiciones aluviales plana o levemente inclinadas, paisajes con relieves ondulados, colinosos a montañosos.

1.2. Geología

Según Ahlfeld y Branisa, Entre Ríos se encuentra en el Cretácico, que dentro del país los sedimentos cretácicos tienen un amplio desarrollo en las cordilleras central oriental y sub-andina. Se distingue aquí tres ciclos de sedimentación distintos, el ciclo del grupo Vitiacua probablemente eocretácico, el ciclo del grupo mesocretácico y el ciclo de la sedimentación bien definido, en la base una formación de areniscas y arcillas.

La formación de las areniscas basales fue denominada "MACHARETI", pero este nombre hoy es usado para el grupo inferior del CANGAPI, tiene un amplio desarrollo en todas las sierras de la zona sub –andina meridional, desde el norte argentino hasta Santa Cruz. Los sedimentos del Cangapi cuya dirección de aporte ha sido preferentemente de la cordillera rellenan un cierto relieve impreso sobre los sedimentos gondwanicos. Sus areniscas permiten una separación en dos unidades

menores: areniscas inferiores abajo y las areniscas calcáreas arriba. Hacia el este el horizonte se vuelve más delgado, en la cierra del candado ubicada en el extremo sur, ha sido eliminado por la erosión.

Según el mapa de suelos elaborado por el proyecto ZONISIG, 2003, en el Municipio de Entre Ríos se presenta 17 unidades de suelos, correspondiendo para la zona de estudio la Asociación Leptosol – Phaeozem, que presenta paisajes de serranías media con pendientes escarpadas a muy escarpadas, litología correspondiente a limonita, arenisca, caliza, dominando relieves extremadamente escarpados, generalmente cubiertos bosque ralo caducifolio estacional submontano y un bosque denso estacional nublado, presencia de hojarasca y materia orgánica en estado fíbrico. Estos suelos presentan generalmente colores pardos rojizos oscuros, rojo amarillento, textura desde franco arenoso, franco arcillo arenoso, drenaje superficial rápido, pH fuertemente ácido a ligeramente ácido, profundidad efectiva moderadamente a muy profundo.

1.3. Ecología.

EL valle de Entre Ríos, en el MAPA ECOLÓGICO DE BOLIVIA, se encuentra dentro del bosque Húmedo templado (bh-TE). Esta zona de vida se encuentra desde elevaciones muy bajas sobre las llanuras del este hasta más de 2.000 m. de altura en el sud, región de Tarija y Azurduy, teóricamente esta zona de vida debe presentar un periodo seco efectivamente seco de 2 y 4 meses.

1.4. Balance Hídrico.

En el año 1977 el MACA y el PDM 2014-2018 establecen que la evapotranspiración potencial ajustada, nos indica el uso consuntivo de la vegetación de la zona, igualmente nos da a conocer que este índice es mayor que la precipitación y que existe un riesgo adicional para cubrir esta deficiencia de agua en los meses de junio a diciembre, existiendo un exceso de agua en los meses de enero, Febrero ,Marzo, disminuyendo en Abril y Mayo que podían ser almacenados por infiltración o pudiera

perderse por escurrimiento después de una sobre saturación de las capas superficiales, cuando las precipitaciones son torrenciales .

1.5. Uso actual de la Tierra.

Dada las condiciones propias de la zona y los alcances culturales y económicos de los agricultores, la explotación agropecuaria generalmente se efectúa bajo técnicas incipientes .Los métodos de rotación, fertilización y conservación casi desconocidos, concretamente no se restaura la fertilidad de los suelos tan solo se aplican, en pequeños porcentajes, el abono animal o estiércol antes de la siembra. (MACA, 1977; PDM 2014-2018).

La ganadería en el valle de Entre Ríos esta sincronizada a la localidad de salinas, sin embargo los caprinos son criados mayormente en el sector de san simón, saladito, donde por falta de pasto van descubriendo la cubierta vegetal al igual que los porcinos, ocasionando de esta manera la destrucción de los suelos por los agentes climatológicos. En esta zona el ganado caprino y vacuno es la base de la economía del agricultor después del maíz, trigo y maní. En cuanto a la tierra la mayor parte de los agricultores están asentados a lo largo de los caminos, orillas de los ríos, dando lugar la formación de pequeñas propiedades agropecuarias de subsistencia.

1.6. Descripción de la Unidad Fisiográfica de la Zona de Estudio en el año 1977.

(MACA, 1977) La Serie San Simón ubicada a 21° 18 y 21° 45 de latitud sud y 64° 07 y 64° 15 de longitud oeste. Los suelos de esta serie, se encuentran en una fisiografía de valle estrecho formada por aluviones laterales y materiales de arrastre, con pendiente plana, suave y moderada (0-12%), bien drenados a moderadamente bien drenados. Estos suelos en su mayor parte no presentan erosión, y en el sector San Simón con suelos moderadamente erosionados. En superficie y en profundidad no presentan sales ni álcalis que pudieran afectar a los cultivos. La profundidad de estos suelos es buena, la humedad en superficie varía de húmedo a ligeramente húmedo y húmedo en profundidad. En todo el perfil no hay presencia de carbonatos de calcio. La porosidad es frecuente con predominancia de poros finos. La actividad biológica

de estos suelos es intensa en la superficie y disminuye en profundidad. El pH de estos suelos varía de moderadamente alcalino, suavemente alcalino, neutro, suavemente asido a moderadamente asido. Por su bajo contenido de sales los suelos de la serie San Simón son considerados como normales. La capacidad de intercambio catiónico varía de moderada, baja a muy baja. La cantidad de calcio intercambiable encuentra en el rango de alto, moderado a bajo. El contenido de magnesio es deficiente. El sodio en estos suelos esta entre alto, moderado y bajo. El potasio en rangos variables de moderado, moderadamente bajo a muy bajo.

1.6.1. Uso de la tierra en 1977.

Los suelos de la serie San Simón son utilizados con cultivos como: La papa, maíz, trigo, maní, ají, hortalizas y otros, con rendimientos aceptables. La ganadería está presentada por el ganado bovino, ovino y equino, los últimos en proporciones menores.

1.7. Evaluación de Tierras

La evaluación de tierras es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. Esta evaluación considera los aspectos económicos del uso propuesto, sus consecuencias sociales para la gente del área y del país en general y las repercusiones, benéficas o adversas para el medio ambiente (FAO 1976).

1.7.1. Método de Evaluación de tierras

Existen diversos métodos de evaluación de tierras, desde muy generales a muy específicos, dirigidos a orientar acciones de seguimiento o administración (medidas de corto plazo) y labores de planificación, entendida como el proceso de distribución de usos de la tierra.

Con el primer método se identifican las áreas aptas o de conflictos y luego, el uso de modelos de simulación para un estudio más detallado. (Vink 1960, Bouma, 1989, Van Lanen et al., 1992). Los métodos de evaluación de tierra son:

a) Método Evaluación Cualitativa

Existen una serie de metodologías, modelos y programas desarrollados bajo un enfoque cualitativo, entre los que se destacan los siguientes:

❖ Clasificación de las tierras por su Capacidad de Uso (Land Capability).

Este sistema consiste en agrupar unidades de tierra, basados en unidades cartográficas de suelo. Este agrupamiento se realiza principalmente para fines agrícolas, en esta clasificación, los suelos “arables” se agrupan en virtud de sus limitaciones y potencialidades para una producción continuada de cultivos comunes de labranza. Los suelos “no arables” son: No aptos para producir cultivos de labranza en forma sostenida, se agrupan de acuerdo a sus limitaciones y potencialidades para producir vegetación perenne, como pasturas y mejoramiento del pastizal natural.

El sistema tiene una serie de premisas o principios, entre los cuales podemos mencionar que: Se requiere un nivel relativamente alto de manejo, y no se consideran limitaciones permanentes aquellas que son factibles de ser corregidas o removidas.

Consta de tres niveles o categorías de clasificación: las clases, subclases y unidades de capacidad.

❖ Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO.

Como su nombre lo indica, se trata de un esquema y no de un sistema, que orienta sobre los principios, conceptos, la estructura y los procedimientos que deben guiar la creación y aplicación de sistemas de evaluación de tierras, orientados a usos específicos.

Presenta la siguiente estructura: Orden, clase, subclase y unidad de aptitud de tierras, el orden de aptitud expresa si una unidad es apta o no para un uso determinado.

❖ **Clasificación de Tierra para usos con riego**

Es otro sistema de clasificación muy difundido para selección de tierras en regadío y la evaluación de áreas de proyecto. En la selección de áreas para regadío se analizan en forma integrada los factores físicos, sociales y económicos. Las nuevas tierras de riego se evalúan basándose en la "capacidad de pago favorable", la que depende de una serie de factores, como costo global de las obras de riego y drenaje, prácticas de manejo, precios de los productos en los mercados, administración, condiciones climáticas, entre otros. Cada proyecto se debe evaluar bajo sus condiciones locales (suelo, drenaje, topografía).

❖ **Sistemas de Tierras de Australia.**

Es la identificación y evaluación de áreas que sean similares en cuanto a patrones de vegetación, suelos, uso, geología, hidrología y topografía, visibles en fotografías aéreas. Este sistema holístico fue creado para el levantamiento integrado a nivel de reconocimiento (Christian, 1952; Christian & Stewart, 1968) En estudios más detallados se adaptó el método combinado de interpretación visual con trabajo de campo, para analizar las variables que no se podían interpretar solamente de las fotografías aéreas.

Este enfoque paisajista forma la base para clasificaciones posteriores, usando el concepto de "tierra" como unidad básica en vez del estrecho concepto del suelo y aplicando categorías jerárquicas para la agregación de unidades geográficas.

❖ **Ponderación Potencial de Suelos (Soil Potencial Rating USDA, 1983).**

Son clases que indican la cualidad relativa de suelos para un uso particular. Se basa en el concepto del Esquema de FAO. Evalúa las tierras comparando su productividad con la de un suelo de referencia.

Se considera 1) Rendimiento; 2) Costos relativos de tecnología para minimizar los efectos de las limitaciones; y 3) Los efectos negativos en valores sociales, económicos y medioambientales, es una ponderación apta para planificación y no para recomendaciones de usos de la tierra.

b) Métodos Paramétricos

Son todos los métodos Semi-cuantitativos en los cuales la relación entre la productividad y las características de la tierra son expresados como factores ponderados en una función matemática simple. El resultado de esta función se usa para valorar diferentes usos en un área específica. Otra limitación de este método es que no está basado en un enfoque de análisis de sistemas integrados.

c) Método Evaluación Cuantitativa

Los sistemas anteriormente mencionados, trabajan basándose en datos recolectados para unidades de mapeo. Hoy en día se colectan muchos datos puntuales en el espacio y el tiempo, que permiten realizar estimaciones cuantitativas de la relación entre suelos y uso, especialmente para la relación entre la productividad y los factores edáficos, climáticos y de manejo.

1.8. Degradación de suelos

La degradación del suelo se define como un proceso que reduce la capacidad actual o potencial del suelo para producir bienes o servicios (FAO/PNUMA, 1980). Este Proceso incluye una serie de cambios físicos, químicos y/o biológicos en las propiedades o procesos edáficos que conllevan a un deterioro progresivo de la calidad del suelo.

1.8.1. Causas de la degradación de suelos

La modificación del ambiente, a través de la degradación de la tierra, es un proceso perjudicial que afecta negativamente el desarrollo de la población. Una de las consecuencias se da en el rendimiento de los cultivos, que va disminuyendo a medida

que avanza la degradación. Con el tiempo, cambia también el uso que se da a esa tierra y de ser cultivable se convierte en área de pastoreo; luego, se cubre de maleza y, finalmente, se torna árida (Encina R., Arnulfo y José Ibarra. 2000).

Muchas tierras aptas para cultivo se pierden, pues éstas son destinadas en la actualidad a usos no agrícolas (FAO, 1984) las causas principales son la expansión urbana, la construcción de carreteras, la minería y la industria. Aparte de estas formas de pérdida, existen otras de degradación de la tierra, como la acumulación salina, daños físicos y biológicos, erosión eólica y erosión hídrica.

La degradación biológica ocurre cuando se pierde la materia orgánica o el humus que contiene. La erosión eólica es la degradación en sus aspectos físico, químico y biológico, cuyo principal agente causal es el viento. Según un estudio sobre la degradación del suelo, realizado en forma conjunta por la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Encina R., Arnulfo y José Ibarra. 2000).

1.9. Procesos de degradación del suelo

Los procesos de degradación del suelo son fenómenos dinámicos y frecuentemente interactuantes causantes de los cambios que resultan en la disminución de la calidad de suelos. Se manifiestan de diversas maneras lo que ha dado lugar al establecimiento de diferentes tipos de degradación de suelos, Oldeman y van Lynden (1998) señalan que de acuerdo a la metodología adoptan para la Global Assessment of Status of Human-Induced Soil Degradation (GLOSOD), dos grandes categorías de procesos de degradación de suelos pueden ser diferenciados de la siguiente manera:

- ❖ Aquellos procesos relacionados con el desplazamiento de material del suelo por el agua o por el viento que conlleva a la ocurrencia de pérdida de material del suelo o bien a la deforestación de la tierra, como efecto in situ. Pero también son importantes efectos a distancia tales como la sedimentación, inundaciones, destrucción de ecosistemas marinos y daños a obras de infraestructura, entre otros.

- ❖ Procesos que determinan el deterioro in situ de las cualidades del suelo. Tales procesos pueden ser de naturaleza química (agotamiento de nutrientes, pérdida de materia orgánica, salinización, acidificación, contaminación, anegamiento), y también biológica, conducente a un desbalance de la actividad biológica en el episuelo.

1.9.1. Erosión del Suelo

La erosión es el arrastre de partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o por la acción del viento.

a) Erosión eólica

Se puede definir a la erosión eólica como el evento mediante el cual se produce la remoción por medio del viento. El conocer el proceso, cuantificarlo y realizar predicciones respecto a sus efectos, pueden ser los caminos para lograr un control adecuado y evitar la degradación de los suelos.

La erosión eólica provoca un efecto “in situ” y otro en regiones aledañas, el efecto in situ estaría relacionado con la degradación producida en el mismo suelo, o en la cobertura vegetal como cultivos o pasturas implantadas. La productividad del suelo se verá reducida por pérdidas en la fertilidad física como reducción en la profundidad efectiva, cambio en la granulometría, degradación de la estructura y en la fertilidad química, como disminución en el contenido de materia orgánica o pérdida de nutrimentos (Lyles & Tatarko, 1986; Buschiazzo & Taylor, 1993; Gabel, 1993). Respecto a la cobertura vegetal, la erosión eólica produce una disminución en el rendimiento (Lyles, 1975) y reducción en la emergencia de las plántulas (Woodruff, 1965; Armbrust, 1984).

b) Erosión hídrica

La erosión hídrica es un proceso continuo que consiste en la separación de las partículas y agregados de la masa del suelo, su transporte y sedimentación, siendo el agente activo el agua. La pérdida de suelo por la erosión hídrica generalmente se

expresa en unidad de peso por unidad de área y unidad de tiempo (Mg ha año) o en unidad de longitud (espesor de suelo perdido) por unidad de tiempo (mm año).

La erosión hídrica inicia cuando las gotas de lluvia golpean terrones y agregados en la superficie de un suelo desnudo, causando el movimiento de las partículas más finas como sedimento en suspensión en el flujo del agua, el cual en su movimiento cuesta abajo, va abriendo surcos a lo largo de la vía.

Cada lluvia subsecuente erosiona cantidades adicionales de suelo, con la degradación del suelo se manifiesta la degradación de la tierra. (Donahue et al, 1983).

1.9.2. Degradación física del suelo

La degradación física se refiere al deterioro o destrucción de la estructura del suelo por agentes naturales que pueden ser inducidos por el manejo el cual está relacionado principalmente con la distribución de tamaño de partículas del suelo o textura del suelo (Lozano et al. 202).

a) Compactación del suelo

La compactación es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos por el cual se obliga a las partículas del suelo a ponerse más en contacto entre sí, mediante la expulsión de aire de sus huecos, lo que implica una reducción rápida de los huecos, produciendo en la masa de suelo cambios de volumen importante, fundamentalmente en el volumen de aire. (Carmen G. Villarroel C 2016)

b) Sellado y encostramiento

El termino de sellado del suelo generalmente se refiere a una capa superficial de suelo con una reducción significativa en la porosidad y permeabilidad resultante de un rápido humedecimiento del suelo seco, impacto de las gotas de lluvia, deposito del material fino del suelo, dispersión química o alguna combinación de estos procesos.

El posterior secamiento del suelo puede resultar en una capa con un significativo incremento en resistencia, la cual es comúnmente denominada encostramiento o costra del suelo (Chartres y Geeves ,1998)

Los sellos y costras del suelo no son otra cosa que una forma de degradación de la estructura del suelo.

También la literatura especializada señala que los términos sellado y encostramiento del suelo algunas veces usado como sinónimo, se refieren a cierto estado de compactación del suelo, ya que denotan una reducción en porosidad y un incremento en densidad mientras que el sellado es más relacionado con una porosidad reducida por el agua (Gabriels et al, 1998).

c) Consolidación del suelo

La compresión que sufre un suelo se debe a la disminución del volumen de los poros, ya que las partículas se asumen incompresibles o de efecto despreciable, en suelos saturados la compresión ocurre solamente si se presenta drenaje de agua.

La compresión gradual de un suelo por efecto de los esfuerzos originados por la presión que ejercen las estructuras superpuestas, recibe el nombre de consolidación. (Duque Escobar, Gonzalo, 2003)

d) Exceso de humedad y anaerobiosis

Cuando un suelo es afectado por exceso de humedad ocurre una exclusión del aire y el beneficioso intercambio de gases del suelo a la atmosfera se ve impedido.

Con este fenómeno se presenta un ambiente, en la zona de desarrollo de raíces del suelo, carente de oxígeno y las actividades biológicas dentro del suelo quedan reducidas a aquellas que pueden obtener energía por respiración, sin la presencia de oxígeno libre .Tal proceso es conocido como Anaerobiosis (FauseyyLal, 1990).

1.9.3. Degradación química

La degradación química puede deberse a la concentración de sustancias tóxicas y/o a la pérdida de veces intercambiables del suelo, la actividad industrial origina una variedad de desechos que pueden ser descargados en las corrientes del agua, algunos de esos desechos se sabe que son dañinos para el hombre tal como sucede con los hidrocarburos y metales pesados.

Estos materiales residuales tienen generalmente efectos localizados geográficamente entre los seres humanos, la vegetación, el agua, y el suelo, la productividad disminuye rápidamente hasta reducirse a la nada cuando las concentraciones de sustancias tóxicas superan los valores umbrales (Ortiz et. Al., 1994)

a) Principales procesos de degradación química

Los procesos de degradación son los mecanismos responsables de la disminución de la calidad del suelo, los cuales generalmente se dividen en tres grupos: físicos, químicos y biológicos, dependiendo de la propiedad del suelo afectada. Según Lal et al. (1990), la degradación química incluye los procesos de reducción de fertilidad, acidificación, sodificación y acumulación de compuestos tóxicos. Para UNEP (1992), los procesos químicos involucrados en la degradación del suelo son salinización, pérdida de nutrientes, pérdida de materia orgánica, acidificación y Degradación Química. Varios de los procesos de degradación química están vinculados a la degradación biológica y suelen ocurrir en condiciones extremas de la ocurrencia de este último. Ejemplos de lo manifestado son el agotamiento de nutrientes y la acidificación del suelo que resultan como consecuencia. Entre otras causas el agotamiento de la materia orgánica, la contaminación del suelo es otro proceso de degradación química que generalmente está asociado a la contaminación de aguas (superficiales y subterráneas) el inadecuado uso y manejo de insumos y desechos de la agricultura (como metales tóxicos, lodos residuales, desechos de fundición, escombros de minería) el aumento del contenido de sales en el suelo es otro proceso que ocurre en áreas habilitadas al riego (permanente), en donde el contenido salino

del agua de riego y las limitaciones en el sistema de drenaje generan un aumento de la salinidad del suelo. La problemática del aumento del contenido de sales en el suelo, no sólo está limitada a regiones de riego, es habitual en áreas ganaderas de nuestra pradera pampeana que presentan drenaje natural limitado (roca, tosca) y nivel freático cercano a la superficie y que reciben un manejo inadecuado del suelo.

1.9.4 Degradación biológica del suelo

La degradación biológica se refiere a la pérdida de materia orgánica resistente por acción de la mineralización acelerada. Sin embargo el término, degradación biológica del suelo es frecuentemente equiparado con el agotamiento o pérdida de la cobertura vegetal, a la par de materia orgánica y también es usado para demostrar la disminución de los organismos beneficiosos del suelo. (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980).

a) Materia orgánica del suelo, importancia, formas de caracterización

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes, cuando los restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; pero este proceso es lento, por lo tanto la materia orgánica no representa una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo.

La importancia de la materia orgánica en cuanto a fertilidad de los suelos radica en que la presencia de ésta en el suelo mejora las propiedades físicas del mismo, como disminución de la densidad aparente de suelos muy compactos, mejora de la conductividad hidráulica, una mejor segregación de los agregados del suelo. Las mejoras químicas que aportan la MO a los suelos es el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), buena disponibilidad de los macro y micronutrientes a

largo plazo; aunque también significa un aumento de la conductividad eléctrica (salinidad) del suelo. La materia orgánica, en el plano práctico es desplazada a segundo lugar debido a que no significa un aporte masivo e inmediato de nutrientes.

b) Las comunidades microbianas y degradación del suelo

Las prácticas de manejo agrícola pueden tener grandes impactos en el tamaño, la actividad, la composición y diversidad de las comunidades microbianas del suelo (Ge *et al.*, 2011; Tian *et al.*, 2012). Debido a que los microorganismos afectan la mayoría de las transformaciones de nutrientes, la presencia de comunidades microbianas diversas en el suelo es esencial para la sustentabilidad de los agroecosistemas (Romaniuk *et al.*, 2011). Por ende, el uso inapropiado del suelo puede alterar estas comunidades y disminuir sus interacciones benéficas (Shen *et al.*, 2010). Es decir que, dado que los microorganismos contribuyen a la nutrición y salud de las plantas, sus propiedades son de gran importancia para determinar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Los microorganismos son cada vez más utilizados para evaluar la influencia de las prácticas agrícolas en la calidad y fertilidad del suelo. Ello se debe a su rápida respuesta, alta sensibilidad, importancia ecológica y capacidad de presentar información que integra muchos factores ambientales (Azeez *et al.*, 2010; Epelde *et al.*, 2014), siendo esenciales en la descomposición de la materia orgánica, el ciclado de nutrientes y en la formación y mantenimiento de la estructura del suelo (Van der Heijden *et al.*, 2008). La actividad enzimática total de suelo, derivada de microorganismos activos y del pool estabilizado en complejos húmicos (Burns *et al.*, 2013), juega un papel importante en la despolimerización de macromoléculas poliméricas estructuralmente diversas, que se considera el paso limitante de la velocidad en la descomposición y el potencial de mineralización de los nutrientes del suelo (Schimel y Bennett, 2004). A través de la biodiversidad microbiana y gracias a la presencia de diferentes grupos funcionales y de las interacciones entre ellos, el suelo proporciona servicios ecosistémicos clave para el desarrollo de los cultivos. Esta red de interacciones biológicas que tiene lugar en la matriz del suelo genera coalescencia entre comunidades microbianas y es determinante para la fertilidad

edáfica (Rillig *et al.*, 2016). Las modificaciones ambientales producidas por diferentes prácticas agrícolas alteran las interacciones entre las comunidades microbianas (inhibiendo o promoviendo diferentes procesos), afectando inevitablemente las funciones biológicas resultantes (Rillig *et al.*, 2015). Debido a esto, la diversificación de los sistemas agrícolas podría generar cambios en las comunidades microbianas, aportando nuevas vías de interacción que beneficien la provisión de servicios ecosistémicos edáficos.

1.10. Descripción e Interpretación de los Rangos de Concentración de los factores que determinan la fertilidad del suelo

a) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La Capacidad de Intercambio Catiónico es un indicador muy importante de la fertilidad del suelo,) es la cantidad de cargas negativas presentes en los minerales y la composición orgánica del suelo (Arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas), representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.) (Arévalo y Gauggel 2014). La CIC indica la disponibilidad y cantidad de nutrientes, la habilidad de los suelos de retener cationes, su pH potencial entre otros indicadores químicos de suelos. Una baja CIC hace referencia a la baja habilidad de ese suelo de retener nutrientes, es característico de los suelos arenosos o pobres en materia orgánica. La unidad de medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmol+/kg de suelo o su equivalencia en meq /100 g de suelo (FAO 2015).

La importancia agronómica para determinar la capacidad de intercambio catiónico se basa en la teoría de que el suelo sirve como se reserva y suministro de nutrientes, y esta capacidad aumenta conforme se logre aumentar la CIC del suelo, ya que se considera que una gran capacidad de intercambio catiónico en los suelos es una característica importante ya que implica la posibilidad de aumentar el depósito de iones nutritivos, gracias a la CIC del suelo las raíces de las plantas toman nutrientes mineral que son necesarios para el crecimiento de las plantas (Arévalo y Gauggel 2014)

La capacidad de intercambio catiónico efectiva tiene una alta correlación con el porcentaje de arcilla presente en el suelo (Fassbender y Bornemisza 1987). Estas variables tienen relación directa, es decir, que a mayor porcentaje de arcilla los valores de CIC son altos y de la misma forma las cantidades bajas de arcilla presentarán baja CIC. La arcilla puede tener carga permanente y carga dependiente de pH por sustitución isomórfica, por lo cual la CIC del suelo va a depender del tipo de arcilla que se presente (Summer y Miller 1999)

La CIC del suelo es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies (agropecstar.com, 2017) un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes en los lugares de intercambio. Los nutrientes aplicados al suelo que puedan exceder esa cantidad pueden fácilmente ser lavados por el exceso de lluvia o por el agua de riego. Esto implica que esos suelos con baja CIC necesitan un manejo diferente en lo que hace a la aplicación de fertilizantes, con pequeñas dosis de nutrientes aplicadas frecuentemente. Agropecstar, 2017 indica que los valores de CIC aumentan conforme aumenta el pH debido a la aparición de grupos funcionales, tales como carboxilos e hidroxilos (Rodríguez et. al. s.f). Para el rango de pH de 4.0 - 4.49 no se presentó diferencia entre los valores obtenidos de CIC por los dos métodos.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva tiene una alta correlación con el porcentaje de arcilla presente en el suelo (Fassbender y Bornemisza 1987). Estas variables tienen relación directa, es decir, que a mayor porcentaje de arcilla los valores de CIC son altos y de la misma forma cantidades bajas de arcilla presentarán baja CIC. La arcilla puede tener carga permanente y carga dependiente de pH por sustitución isomórfica, por lo cual la CIC del suelo va a depender del tipo de arcilla que se presente (Summer y Miller 1999).

b) Carbono Orgánico del Suelo (COS)

El carbono orgánico del suelo es el carbono que permanece en el suelo después de la descomposición parcial de cualquier material producido por organismos vivos constituye un elemento clave del ciclo global del carbono a través de la atmósfera, vegetación suelo, ríos y océanos.

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, el COS se vincula 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. El COS asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico, su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo, la cantidad de COS no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo. Existen prácticas de manejo que generan un detrimento del COS en el tiempo, a la vez hay prácticas que favorecen su acumulación. En este trabajo se discute la relación entre carbono orgánico, propiedades químicas, físicas, biológicas y el manejo del suelo. Además se plantean metodologías para estudiar los flujos de CO₂ del suelo a la atmósfera.

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (FAO, 2001). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo (Lal *et al.*, 1990, Lal, 1997). Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de COS que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2002). La pérdida de material húmico de los suelos cultivados es superior a la tasa de formación de humus de suelos no perturbados por lo que el suelo, bajo condiciones de cultivo convencionales, es una fuente de CO₂ para la atmósfera (Kern y Johnson, 1993,

Gifford, 1994, y Reicosky, 2002) existen prácticas agronómicas que favorecen la captura de C en el suelo (West y Post, 2002) la labranza de conservación (Lal, 1997), que incluye a la cero labranza (FAO, 2001) es un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar C en el suelo (Rasmussen y Parton, 1994, Rosell, 1999).

El carbono orgánico del suelo, COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: 1) calidad (Carter, 2002, Wander *et al.*, 2002), 2) sustentabilidad (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y 3) capacidad productiva (Sánchez *et al.*, 2004).

Bauer y Black, 1994, indican que en un manejo sustentable, el COS debe mantenerse o aumentarse, sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo (Moreno *et al.*, 1999)

Pese a la existencia de abundante literatura que documenta los efectos del COS sobre las propiedades del suelo que favorecen el desarrollo de los cultivos, existe poca información sobre la contribución directa de un aumento de COS en la productividad del suelo.

Muchos procesos fundamentales que ocurren en el suelo dependen del contenido de carbono en el suelo, éste ocurre en dos formas como: Carbono orgánico del suelo (COS) y carbono inorgánico del suelo (CIS) (Lal, 2002), la medición del COS incluye al humus (generalmente el componente mayoritario) y algunas formas de carbono mineral (carbón vegetal, hulla, antracita, grafito, etc.). Denominaremos materia orgánica del suelo (MOS) a la suma de todas las sustancias orgánicas en el suelo. Esta consiste de una mezcla de residuos de plantas y animales en varias etapas de descomposición, de sustancias sintetizadas por microorganismos y/o químicamente, y de cuerpos de microorganismos y pequeños animales y sus productos de descomposición (Schnitzer, 1991)

En ecosistemas agrícolas, la calidad del suelo depende en gran medida de la cantidad, calidad y dinámica de las reservas de COS. Una reducción en el contenido de COS

puede acentuar la degradación del suelo por erosión, compactación, pérdida de nutrientes, lavado y acidificación, y en general, provocar un decremento en la biodiversidad del suelo (Brady y Weil, 2001), además de los efectos del COS en la productividad agrícola, es preciso enfatizar su importancia como componente principal en el ciclo global de carbono. Los suelos de las regiones agrícolas, boscosas y selváticas contienen en su condición natural o sin disturbar grandes cantidades de COS; su concentración depende de la temperatura (mayor en climas frescos que en cálidos), humedad (mayor en climas más húmedos y en suelos pobremente drenados que en climas secos y suelos con buen drenaje), textura del suelo (mayor en texturas finas que en gruesas) y estructura (mayor en suelos bien estructurados que en los de estructura pobre) (Lal, 2000)

La pérdida del COS se acentúa cuando los aportes de carbono orgánico que hacen los sistemas cultivados disminuyen, y en los sistemas naturales cuando éstas se acentúan debido a mineralización y erosión, los rangos de pérdida del COS debido a la conversión de ecosistemas naturales a la agricultura son más drásticos en los trópicos que en los suelos de las regiones templadas, son mayores en los terrenos de cultivo que en los de pastoreo, mayores en suelos con niveles inicialmente altos de COS que en aquellos con niveles inicialmente bajos (Mann, 1986)

Algunos suelos pueden perder el COS a rangos de 2 a 12% al año, llegando a presentar un total acumulado de 50 a 70% de su contenido original (Lal, 2000) esta pérdida de C se acentúa por la deforestación, quema de la biomasa, drenaje de humedales, labranza y remoción de residuos de cosecha y biomasa del terreno (Lal, 2002). Las pérdidas más rápidas ocurren en los primeros 20 a 50 años en los suelos de las regiones templadas (Jansen et al., 1998) pero en los primeros 2 a 5 años en los suelos de los trópicos (Juo y Lal, 1977) los suelos tropicales pueden perder de 0.5 a 1.7% del COS de la capa superficial en 2 años y de 1.0 a 2.3% en 5 años (Brams, 1971).

La tasa de disminución del COS en los años subsiguiente disminuye debido a que la fracción lábil es mineralizada en las primeras etapas. A consecuencia de las pérdidas

rápidas iniciales después del disturbio es que muchos suelos cultivados en los trópicos presentan contenidos bajos de COS (Hartemink, 1997). Sin embargo, en ciertos casos especiales el contenido de COS puede incrementarse cuando se mejoran de ciertas limitantes del suelo (Coote y Ramsey, 1983)

El COS, como ya se indicó, es un importante componente del ciclo global del C, ya que constituye el reservorio terrestre más grande de este elemento (Chhabra et al., 2003)

Prácticamente todos los modelos de cambio climático predicen la pérdida de C de los suelos como resultado del calentamiento global (Mc Guire et al, 1995) Sin embargo, la restauración de tierras degradadas y erosionadas, así como la intensificación de la agricultura en terrenos agrícolas puede favorecer el secuestro de C en los suelos (Lal, 1999) la mayor cantidad del COS se encuentra en las capas superficiales del suelo (Brady y Weil, 2001) con valores que van incluso por encima del 60% del total en los primeros 30 cm del perfil o más del 60% del total y conforme aumenta la profundidad la cantidad disminuye consistentemente.

La existencia del carbono total se estima tomando en cuenta el dato reportado por en tierras de cultivo degradadas las tazas promedio de captura de carbono son de 3.1 TC/Ha. (Watson et .al. 2000).

c) Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)

Este proceso de la degradación incluye a la salinidad, sodicidad y a la concentración de boro en el suelo (Ortiz et al., 1994). La salinización se da normalmente en los suelos desarrollados en condiciones climáticas en donde la precipitación es menor a la evapotranspiración y asociado a condiciones de drenaje imperfecto (FAO, 1984) Los suelos salinos se encuentran frecuentemente en zonas depresionarias, presentando capas freáticas muy cercanas a la superficie o texturas finas que reducen el movimiento del agua al interior del suelo (FAO, 1997) Cuando existe gran presencia de sodio intercambiable y poca cantidad de sales solubles, se pueden generar los suelos sódicos. La alta cantidad de sodio intercambiable, genera una serie

de problemas para el desarrollo de la vegetación (Brady y Weil, 2001) en primer lugar, cantidades muy elevadas de este elemento, son normalmente tóxicas para muchas plantas, en segundo término, el sodio en altas concentraciones, genera la dispersión de las arcillas y la materia orgánica provocando serios problemas de drenaje y permeabilidad de los suelos.

La acumulación producida por la acción del hombre de sales solubles, sodio de intercambio y boro soluble en el suelo, son de menor extensión y concentración que las ocurridas en forma natural (FAO, 1984) pese a esto, en el proceso de desertificación, la salinización y sodificación de los suelos alcanza gran relevancia ya que siendo el agua un recurso escaso en las zonas áridas y semiáridas, debe hacerse más eficiente su uso para evitar que las tierras con posibilidades de ser regadas no se deterioren. Un mal manejo del ecosistema produce un efecto nocivo en las siembras y plantaciones no adaptadas a altas concentraciones de sales, incluso la vegetación natural puede desaparecer, siendo remplazada por vegetación salina. Las causas específicas de dichos problemas, se deben principalmente al aumento del potencial osmótico del suelo, que induce a una menor absorción de agua, a un incremento de la toxicidad por cloruros, sulfatos, sodio o boro, a las interacciones negativas que impiden la absorción de otros elementos nutritivos y a un detrimento en la permeabilidad del suelo (Brady y Weil, 2001)

La salinización acelerada de las tierras o salinización de origen antrópico se da principalmente en áreas bajo riego y con aguas que presentan altas concentraciones de sales, las que son depositadas en los horizontes superficiales como consecuencia de las altas tasas de evapotranspiración (FAO, 1997) el drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo a la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo, la capa freática poco profunda casi siempre guarda estrecha relación con la topografía del terreno como son las mencionadas zonas depresionarias (Ortiz et al., 1994)

El problema de salinidad de mayor importancia económica se presenta cuando a consecuencia de la irrigación, un suelo no salino se vuelva salino, estos suelos frecuentemente se encuentran en valles cercanos a las corrientes, y por la facilidad con que pueden irrigarse las áreas más planas, puede ser que el drenaje del suelo no sea el más apto para la irrigación, propiciándose un incremento en la concentración de sales (FAO, 1984)

Para los fines de descripción del proceso de desertificación, sólo es importante la salinización y alcalinización antropogénicas (FAO, 1984)

El efecto que las sales producen en las tierras regadas se conocen y van desde los síntomas visuales en las plantas en las que disminuye el porcentaje de germinación, menor porte, reducciones continuas de los rendimientos, así como los cambios morfológicos en la superficie del suelo, debido a excesivas acumulaciones de sales (Brady y Weil, 2001)

Con la salinización, comienza a observarse un cambio en la coloración natural de la superficie del suelo, la que puede llegar a formar costras salinas en la superficie (FAO, 1997)

d) Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es una medida de la acidez (pH bajo = ácido) o alcalinidad (pH alto = básico o alcalino) del medio. El pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción, por tal motivo, los problemas nutritivos más comunes ocurren en los cultivos cuando el pH se encuentra fuera del rango óptimo.

El rango óptimo para la mayoría de los cultivos ornamentales es de 5,5 a 6,8 pero existen plantas que requieren valores de pH menores a 5,5.

Si el pH del sustrato se encuentra en el rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad, por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que por

encima, puede disminuir la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre. Los óxidos metálicos de hierro, manganeso, cobre y zinc se hacen más solubles al bajar el pH (menor de 5), pudiendo resultar fitotóxicos.

El aumento o disminución del pH del medio depende de varios factores, entre ellos, el pH del sustrato, la alcalinidad del agua, la actividad de la cal, la acidificación por las raíces de la planta, y el uso de un fertilizante de reacción ácida o básica.

Existen materiales que son ácidos, como la turba *sphagnum*, turba subtropical o compost de corteza de pino, al formular un sustrato con estos materiales finalmente pueden resultar ácidos, en especial, si se los emplea puros. Una forma de incrementar el pH, cuando el sustrato a utilizar tiene valores menores a 5, es mediante la adición de cal (dolomita, calcita etc.) la cal difiere en su composición, dependiendo de su origen, del tamaño de sus partículas, y de su dureza, las cuales causan variabilidad en su reactividad, es por este motivo, que se recomienda consultar al técnico o profesional cuál sería la dosis a utilizar para elevar el pH a los valores recomendados, ya que ésta también depende de la capacidad de intercambio catiónico del sustrato. En caso de requerir bajar el pH, como sucede con algunos sustratos formulados con compost de diferentes orígenes, se puede utilizar azufre.

e) Potasio

La litosfera contiene en promedio 1,9 % de este elemento, la concentración de K en el suelo (1,2%), es inferior a la de la litosfera, como consecuencia de su meteorización; en este sentido, los suelos jóvenes y poco meteorizados, tienen altos niveles de K⁺ los suelos orgánicos son pobres en su contenido (menor de 0,03%) dado su bajo nivel de minerales (Barber, 1995).

La mayor parte de K de la corteza terrestre se encuentra unido a minerales primarios o está presente en las arcillas secundarias que conforman ampliamente la fracción arcillosa. Los suelos arenosos muy meteorizados contrastan marcadamente con los suelos jóvenes derivados de materiales volcánicos, en los que los contenidos de arcilla y de K son generalmente altos (Mengel y Kirkby, 2000)

Los suelos con bajo contenido de arcillas, presentan valores bajos de K y pueden ser modificados por el manejo y la composición mineralógica de los suelos (Rodríguez, 1993).

La forma intercambiable se considera como la principal fuente primaria de K para la absorción de los cultivos. Muchos experimentos han confirmado que el K puede ser usado para predecir la respuesta a fertilizantes potásicos (Haby, et al, 1990) consecuentemente los procedimientos analíticos, usados para estimar las necesidades de fertilizante potásico, emplean los extractantes los cuales reemplazan una porción significativa de K (Pratt *et al*, 1982)

f) Calcio

El calcio (Ca) es el quinto elemento más abundante en la corteza terrestre, con una concentración promedia que llega a representar cerca de 3,6% (Barber, 1995) este procede principalmente de las rocas y los minerales que conforman el suelo; por lo tanto, su contenido puede variar ampliamente dependiendo del material de origen; en suelos considerados no alcalinos solo representa entre 0,1 y 0,2%, mientras que en los alcalinos alcanza el 25% (Havlin et al 1999)

Barber (1995) sostiene que el contenido de Ca^{2+} depende del material parental, el grado de meteorización y la aplicación de enmiendas. Este autor reporta los siguientes valores para tres órdenes contrastantes del suelo en este nutriente, como ser: Aridisoles 5%, Alfisoles 1% y Oxisoles 0,6%.

Las concentraciones de Ca^{2+} en el suelo normalmente superan a las requeridas para un crecimiento apropiado de las plantas; pese a ello ejercen poco efecto sobre la toma de Ca^{2+} , puesto que la absorción de Ca^{2+} es genéticamente controlada, en este sentido la concentración de Ca^{2+} en la solución del suelo es cerca de 10 veces mayor a la del K^{+} ; pese a ello su toma es menor que este nutriente (Havlin et al., 1999)

Por regla general los suelos de textura gruesa y aquellos que se ubican en regiones húmedas, formados a partir de rocas pobres en minerales de Ca tienen bajos niveles

de Ca^{2+} en contraposición a lo anterior, los suelos de textura fina, formados a partir de rocas que son ricas en este elemento, contienen mucho mayores contenidos de Ca total y Ca^{2+} intercambiable (Havlin et al., 1999)

Los suelos antiguos, altamente meteorizados y lavados bajo condiciones húmedas, generalmente tienen bajos niveles de Ca^{2+} . En ambientes áridos los altos contenidos de Ca en las capas más superficiales pueden presentarse en forma de acumulaciones de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Mengel y Kirkby, 2000)

Todos los suelos agrícolas contienen calcio procedente de las rocas originarias, dominando entre los demás cationes. La mayor o menor cantidad se refleja en el grado de saturación de la arcilla, cuyo indicador es el pH del terreno (Gutiérrez, 1995)

g) Magnesio

El magnesio (Mg) es el octavo elemento más común en la litosfera, con una concentración promedio cercana a 2,1%. Pese a lo anterior, y como consecuencia de la meteorización de minerales de Mg relativamente solubles, su concentración en los suelos es de tan solo 0,5%, hecho que indica una pérdida de éste representada en $\frac{3}{4}$ partes del total (Barber, 1995)

Dados los diferentes grados de meteorización y materiales parentales, los contenidos de Mg^{2+} varían enormemente (Barber, 1995). En este sentido Havlin et al. (1999) reportan valores bajos (0,1%) para suelos de textura gruesa en regiones húmedas, y valores altos (4%) para suelos con texturas finas y zonas áridas o semiáridas formados a partir de materiales parentales ricos en Mg^{2+} .

En algunos suelos el Mg también está presente como magnesita (MgCO_3) y dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Adicionalmente, la descomposición de la materia orgánica puede contribuir a la incorporación de este nutriente al suelo (Navarro y Navarro, 2003)

El Mg^{2+} en el suelo puede estar básicamente en tres formas: i) como constituyente de minerales, ii) como catión intercambiable en el complejo de cambio y iii) en la

solución del suelo; lo anterior sin tener en cuenta que pequeñas cantidades de Mg se encuentran presentes en la fracción orgánica (Barber, 1995)

Navarro y Navarro (2003), refiriéndose a la disponibilidad de Mg^{2+} , catalogan las formas inorgánicas de la siguiente manera: Mg lentamente asimilable (no intercambiable), Mg^{2+} asimilable (intercambiable) y Mg^{2+} rápidamente asimilable (solución del suelo).

La concentración normales de Mg^{2+} en la solución del suelo en las regiones templadas varían entre 5 y 50 mg kg^{-1} (Havlin et al., 1999) las concentraciones de Mg^{2+} en el complejo de cambio varían según el material parental, tipo de arcilla, la textura, presencia de otros cationes, la acidez, la lluvia, extracción por los cultivos y los aportes vía fertilización y enclavamiento.

En este sentido, las deficiencias de Mg^{2+} tienden a ocurrir cuando los suelos son ácidos, arenosos, altamente lavados y con baja Capacidad de Intercambio Catiónico—CIC; en suelos calcáreos el nivel de Mg^{2+} es inherentemente bajo (Havlin et al. 1999).

Las concentraciones de Mg^{2+} en el complejo de cambio varían según el material parental, tipo de arcilla, la textura, presencia de otros cationes, la acidez, la lluvia, extracción por los cultivos y los aportes vía fertilización y enclavamiento.

h) Sodio

El sodio no es un nutriente de la planta y por lo tanto no es necesario para su crecimiento, los altos niveles de sodio son perjudiciales para la tierra de labranza y para el crecimiento de la planta.

Los niveles de sodio se evalúan basados en el porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) el PSI es el porcentaje de la capacidad de intercambio del catiónico (CIC) ocupada por el Na. valores arriba de 10 porcentaje de PSI son de preocuparse, los niveles excesivos de sodio pueden ocurrir naturalmente o pueden resultar de un riego con agua alta en sodio. (Aguilar, a.; Etchevers, j. d. & castellanos, j. z, 1987)

El aumento de la concentración de Na afecta la estructura y porosidad de los suelos, alterando la circulación de los fluidos, propiciando la ocurrencia de anegamientos y dificultando la renovación del aire edáfico. Por otro lado, los suelos se tornan excesivamente duros al secarse y se encostran con facilidad, además de esto se pueden producir otros perjuicios al suelo. Estas problemáticas físicas se agravan por la naturaleza textural de la mayor parte de los suelos de la región platense, con elevados contenidos de arcilla y en muchos casos, de tipo expandible, así como por la intensidad de las prácticas de laboreo en este tipo de agricultura intensiva (Alconada, 1996; Alconada & Huergo, 1998; Alconada & Minghinelli, 1998) paralelamente el Na provoca toxicidades en cultivos sensibles. Los problemas descritos inciden negativamente sobre el crecimiento de la mayoría de los cultivos hasta, en casos severos, la imposibilidad de instalación de algunos de ellos.

Uno de los problemas clásicos de degradación de la tierra que ha tenido que enfrentar el hombre, ha sido el de controlar, prevenir o mejorar los suelos afectados por la salinidad.

En las regiones áridas, semi áridas y estepas donde la evaporación es mayor que las precipitaciones, se encuentran las regiones más afectadas por sales (Kovda, 1964; citado por Obregón, 1996)

También pueden aparecer en lugares con prolongados periodos de sequía, como en zonas climáticas templadas, secas y trópicos secos. Otros lugares donde es posible encontrar suelos con problemas, son los cercanos al mar (costas, lagunas, litorales y pantanos) o bien en la cercanía de domos salinos, manantiales de aguas salinas y mantos freáticos salinos. De acuerdo a Flores (1993) la salinidad en forma natural (primaria) está ampliamente distribuida en el globo terráqueo y se incrementa a medida que se presentan cambios climáticos mayores, procesos geomorfológicos de sedimentación, erosión y redistribución de materiales; así como cambios en la hidrología superficial y subterránea. Además de las extensas áreas de suelos con salinidad primaria en el mundo, en los últimos años se ha incrementado considerablemente la salinidad secundaria en extensos territorios, debido

fundamentalmente a los efectos del regadío donde para garantizar el suministro de agua y tener agricultura, se ha implantado el riego sin haber previsto la instalación de sistemas de drenaje, lo que ha conllevado al incremento de la salinidad de los suelos por la ascensión de las sales que se encontraban localizadas por debajo de los 20 cm. de profundidad, intensificado por las particularidades climáticas que aumentan su concentración en el suelo.

Este problema se puede intensificar con otras fuentes adicionales de electrolitos, como el uso de fertilizantes y la calidad del agua de riego. La significación relativa del aporte de cada fuente suministradora de sales, depende de las condiciones del suelo, la efectividad del drenaje, la calidad del agua de riego, la sobreexplotación del manto y las prácticas de manejo agronómico.

Los cambios hidrológicos provocados por la deforestación o por el cultivo intensivo, también son causas importantes de la salinidad.

i) Conductividad Eléctrica (CE)

La CE es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que a mayor CE, mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a 1dS m^{-1} (1+5 v/v). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo. (Ministerio de agricultura y ganadería INTA ,1981)

El mismo autor menciona que al formular un sustrato, se debe analizar la CE de los componentes para evaluar el porcentaje a utilizar en la mezcla sin elevar la CE final del sustrato. Durante el desarrollo del cultivo, la CE del sustrato puede incrementar por lo siguiente: 1) la presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta. 2) la incorporación de una cantidad de fertilizantes superior a los absorbidos o lixiviados. 3) Cuando el sustrato tiene una alta CIC (capacidad de intercambio catiónico) y al mismo tiempo, se descompone liberando nutrientes. Todo esto se puede evitar conociendo a priori la cantidad de nutrientes que el cultivo requiere.

En caso de que se presente un incremento de la CE, se puede corregir mediante lixiviación controlada. Es decir, lixiviar con agua de calidad hasta conseguir un volumen de lixiviado equivalente al volumen del contenedor, otras medidas pueden ser, mantener el sustrato permanentemente húmedo o sombrear e incrementar la humedad relativa ambiente para reducir el estrés de la planta.

La respuesta de la planta a la alta CE, va a depender de la edad, las condiciones ambientales, el manejo del cultivo y características de la especie, un plantín (de bandeja alveolada) es más sensible que una planta con mayor desarrollo, o una planta en un ambiente húmedo y fresco tolera mejor la salinidad que una cultivada en un ambiente cálido y con baja humedad relativa.

La conductividad eléctrica, trata del parámetro que indica la presencia de sales en el suelo y se expresa en dS/m (Antes mmhos/cm) El problema de salinidad tiene dos efectos sobre el cultivo: Los Efectos generales y los efectos específicos.

Los efectos generales se refieren al descenso en el potencial de agua en el suelo, es decir a que la planta tiene que hacer un mayor esfuerzo para poder extraer agua del suelo. Los efectos específicos se refieren a la Toxicidad que se puede presentar por la presencia de un ion específico como cloro, boro, y en algunos casos sodio. En general cuando se habla de salinidad se refiere a los efectos generales y ésta se mide en el extracto de saturación CE_e (por ello se pone la letra “e” como subíndice, que significa extracto). (intagri@intagri.com.mx)

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.

Los suelos con elevadas conductividades eléctricas impiden el buen desarrollo de las plantas, ya que contienen asimismo una elevada cantidad de sales y cada cultivo es capaz de sobrevivir en rangos algo diferentes de conductividad, dependiendo del tipo de sales que tiene el suelo.

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. (Agenda del Salitre, SQM, 2001)

Las sales son conductoras de electricidad, por lo tanto, un suelo con un alto contenido de ellas, poseerá una mayor "Conductividad Eléctrica" (C.E.) que uno de baja salinidad, en consecuencia, la conductividad eléctrica permite conocer el nivel salino del terreno. El análisis de suelo indica esta variable expresada en milimhos, la cual es una medida de gran valor para un primer diagnóstico tanto del suelo como de la calidad del agua de riego. (IPA N° 11).1984.

CAPÍTULO II

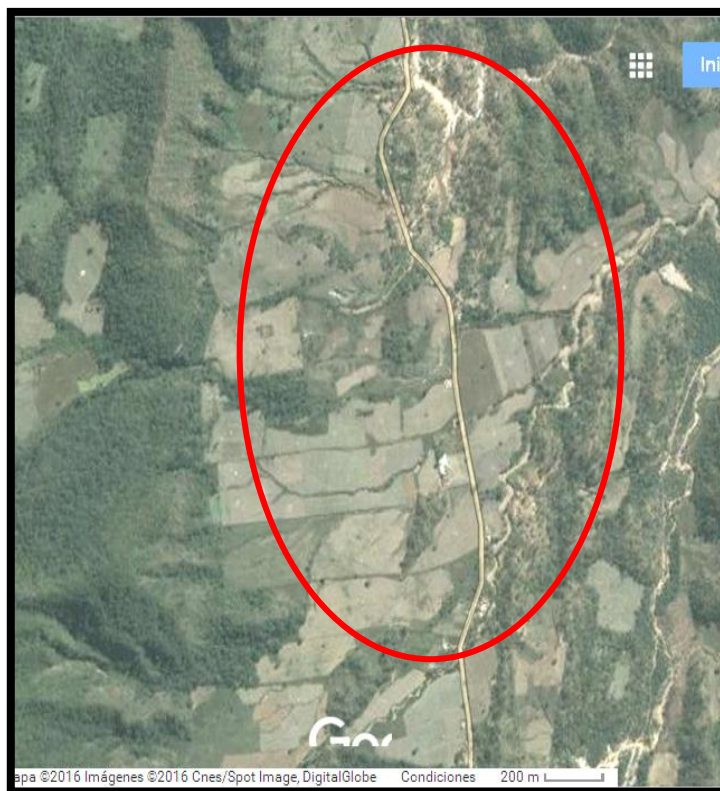
MATERIALES Y MÉTODOS

2. Ubicación Geográfica del Área de Estudio

Geográficamente el área de estudio se encuentra entre las coordenadas: $21^{\circ}29'$ min y $21^{\circ}34'$ min de latitud sud $64^{\circ}10'$ min y $64^{\circ}11'$ min de longitud oeste, con una extensión aproximada de 982 Has.

El área estudiada está limitada al norte por el Rancho Potrerillo, al Sur y este con la serranía de San Simón, al Oeste con la Serranía de Tapehua, corresponde los siguientes sectores: Saladito, Taquillos, San Simón, (MACA, 1977 y PDM 2014-2018).

Figura 1
Ubicación del Área de Estudio



Fuente: Google Maps (2018)

2.1. Descripción del componente Biofísico

A continuación se describe las características climáticas de zona de estudio:

a) Clima

De acuerdo al estudio realizado por el MACA, 1977 menciona que la zona de estudio corresponde a un clima Semi - cálido, sin cambio térmico invernal, bien definido, Semi- secos con invierno y primavera seca.

El PDM: 2014-2018 establece para la zona de estudio un clima templado semiárido que ha sido adaptado a partir del mapa climático elaborado por el proyecto ZONISIG, mapa elaborado en base al modelo propuesto por Caldas – Lang. De manera general el área de estudio presenta un clima cálido- árido, constituido por paisajes de montañas altas, serranías y colinas medias a bajas, y llanuras de piedemonte; los rangos altitudinales determinan temperaturas de 18 a 22 °C, mientras que la precipitación media anual varía entre los 500 y 1.100 mm.

b) Temperaturas Máximas y Mínimas.

La temperatura media anual es de 19 °C, en verano 22,5 °C y en invierno de 14,7 °C. Con máximas que superan los 40,9 °C y mínimas extremas que bajan hasta -7,2 °C (PDM 2014-2018).

c) Precipitación

La época de lluvias empieza en los meses de noviembre y diciembre y concluye en los meses de marzo y abril, mientras que la época seca se produce normalmente entre los meses de mayo a septiembre, existiendo algunos años excepcionales que pueden adelantarse o atrasarse a lo sumo en un mes. La precipitación varía entre 500 a 800 mm. (PDM 2014-2018).

d) Geología

Según Ahlfeld y Branisa, Entre Ríos se encuentra en el Cretácico, que dentro del país los sedimentos cretácicos tienen un amplio desarrollo en las cordilleras central oriental y sub-andina. Se distinguen aquí tres ciclos de sedimentación distintos: el ciclo del grupo Vitiacua probablemente neocretácico, el ciclo del grupo mesocretácico y el ciclo de la sedimentación bien definido en la base una formación de areniscas y arcillas (PDM 2014-2018).

e) Vegetación

Entre la vegetación nativa tenemos las siguientes especies: Quebracho blanco (*Aspidosperma*), Tipa (*Tipuana speciosa*), guayaba (*Sidium pyrifolium*), Cevíl, Soto (*Loxopterygium lorentzii*), kellu (*Berberis saepe*), cañales, Lecherón (*Sapindus molle*), sauce (*Salix alba*), Nogal (*Juglans boliviana*), molle (*Schinus molle*), chirimolle (*Fagara coccoloba*), Algarrobo (*Prosopis juliflora*), tusca (*Acacia aroma*) (PDM 2014-2018).

f) Uso Actual de la Tierra.

Dada las condiciones propias de la zona y los alcances culturales y económicos de los agricultores, la explotación agropecuaria generalmente se efectúa bajo técnicas incipientes, los métodos de rotación, fertilización y conservación son casi desconocidos, concretamente no se restaura la fertilidad de los suelos tan solo se aplican en pequeños porcentajes, el abono animal o estiércol antes de las siembras.

El agricultor al ver la disminución de sus cosechas, como consecuencia del agotamiento de los suelos, busca otros sitios donde desboscar, sin tener en cuenta la topografía lo habilita para seguir la misma rutina, después de algunos años los abandona o los utiliza como potreros. (PDM 2014-2018).

2.2. MATERIALES

Para el presente trabajo de investigación se utilizó los siguientes instrumentos:

- EPP (Equipo de producción personal)
- Material de escritorio.
- Tablero.
- Cámara fotográfica.
- Hoja de campo.
- Tabla musell.
- Pala.
- Cinta métrica.
- Bolsa plástica.
- Cuestionario para encuestas.

2.3. METODOLOGIA

2.3.1 Descripción de la Metodología.

La ejecución del trabajo de investigación se realizó en las siguientes etapas:

2.3.2 Trabajos Preliminares.

Se recolectó la bibliografía existente del área de estudio con respecto a estudios realizados sobre el uso y manejo de los suelos realizados en años anteriores, fundamentalmente del estudio realizado en el año 1997 por el MACA sobre la “Clasificación de tierras según su aptitud para uso agrícola”. Por otra parte se recabó también los mapas básicos correspondientes de diferentes fuentes.

2.3.3 Investigación de Campo.

Consistió en la realización de los dos trabajos específicos que indico a continuación:

- a) **Ubicación de los sitios de los perfiles.-** Para este propósito y en base al mapa básico se ubicó los sitios de las calicatas que se efectuaron en el año 1997 por el MACA en un numero de dos; que tuvo el propósito de realizar nuevamente las calicatas para su correspondiente toma de muestras, posterior análisis físico químico y luego la comparación.
- b) **Descripción de los perfiles.-** Consistió en realizar la descripción del perfil del suelo en dos horizontes que corresponden a P1H1, P1H2 y P1H1, P2H2 a una profundidad de 0 – 12 y 12 – 46 cm respectivamente.
- c) Para la descripción morfológica de los perfiles y la descripción de los horizontes se siguió las técnicas recomendadas por el manual de la FAO y el manual de clasificación de suelos por capacidad de uso, utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos.

Las muestras recolectadas de los perfiles (una muestra por perfil) se sometió a un análisis físico (arena, limo y arcilla) y químico (pH, CE, C, N, MO, CIC, Ca, Mg, Na, K y P) Las muestras tomadas fueron analizadas en el laboratorio de suelos de La Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (ver ANEXO 3 y 4)

- d) La herramienta que se empleó para identificar el uso y manejo de los suelos, consistió en la realización de una encuesta estructurada sobre el uso y manejo del suelo, que se usó para conocer qué cantidad de productores y/o productoras de la zona de estudio, la cual indagaba si aplican, mantienen las labores culturales, épocas de siembra, sobre la presentación de problemas de erosión, problemas en los cultivos, sobre la descripción de la topografía, si se realizaban análisis de suelo y otros aspectos. Por otra parte se determinó mediante un relevamiento de campo la cantidad de hectáreas ocupadas por los rubros vinculados a las modificaciones generadas por el hombre.

- e) La evaluación de los procesos de degradación se realizó en base a la pérdida del COS (Carbono Orgánico del Suelo) que se acentúa cuando los aportes de carbono orgánico que hacen los sistemas cultivados disminuyen (Etcheverry, J.D, 2005). Por otra parte, se tomó en cuenta la degradación por desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal la erosión hídrica o eólica y en la degradación resultante de su deterioro interno se consideraron a los procesos de degradación física y química actuales, los cuales se verificaron mediante el análisis de laboratorio, además de los efectos del COS en la productividad agrícola, los cuales se enfatizaron por su importancia como componente principal.

2.3.4. Trabajos de Gabinete.

Consistió por una parte en la tabulación de la información tomada en el campo, interpretación de los análisis de laboratorio, clasificación y dibujo final del mapa y por otra la interpretación, análisis y discusión de la encuesta realizada.

2.3.4.1. Realización de la Encuestas

La encuesta se realizó a todos los entrevistados, se hicieron las mismas preguntas y en el mismo orden a todos.

2.3.4.2. Determinación del Tamaño Muestral.

Para determinar el tamaño de la muestra de la comunidad de San Simón, se recomienda usar el método de población finita, en la zona de estudio, se tiene una población de 53 familias agricultoras según el PDM, 2014.

FORMULA TAMAÑO DE LA POBLACIÓN FINITO

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Fuente:(Murray y Larry, 2005)

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

$Z\alpha$ = Valor correspondiente a la distribución de Gauss.

Z = Valor correspondiente a la distribución de gauss, $Z\alpha = 0,05 = 1,96$ y $Z\alpha = 0,01 = 2,58$, para ciertos niveles de confianza.

p = Prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ($P = 0,5$)
Que hace mayor el tamaño muestra.

$q = 1 - p$ (si $p = 70\%$, $q = 30\%$)

i = Error que se prevé cometer si es del 10%, $i = 0,1$

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 53 \cdot 0,5(1 - 0,5)}{(0,1)^2(53 - 1) + (1,96)^2 \cdot 0,5(1 - 0,5)}$$

$$n = \frac{3,8416 \cdot 53 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,01 \cdot 52 + 3,8416 \cdot 0,5 \cdot 0,5}$$

$$n = \frac{51,5637}{1,4804}$$

$$n = 34,38340989 \text{ Fam} \cong 34 \text{ Fam}$$

2.3.4.3. Fórmula empleada para el cálculo del carbono orgánico del suelo (COS)

$$\text{COS} = \text{Da} \times \text{Pr} \times \text{C}$$

Fuente: Gonzales et.al 2000

Dónde:

COS = Carbono Orgánico del Suelo.

Da = Densidad Aparente.

Pr = Profundidad.

C = Carbono.

El valor del C para el año 2017 se tomó como referencia del estudio realizado por Watson et. al 2000 para tierras de cultivo degradadas de 3,1 Tn/ha. El cálculo se encuentra en el ANEXO 9.

2.3.4.4. Fórmula Empleada para el cálculo del Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)

$$\text{PSI} = (\text{Na/CIC}) 100$$

Fuente: Gonzales et al 2008

El cálculo se encuentra en el ANEXO 10.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el área de estudio de San Simón sobre la evaluación de los procesos de degradación de los suelos provocada por los cambios en su uso y manejo.

3.1. Encuesta sobre las condiciones de uso del suelo

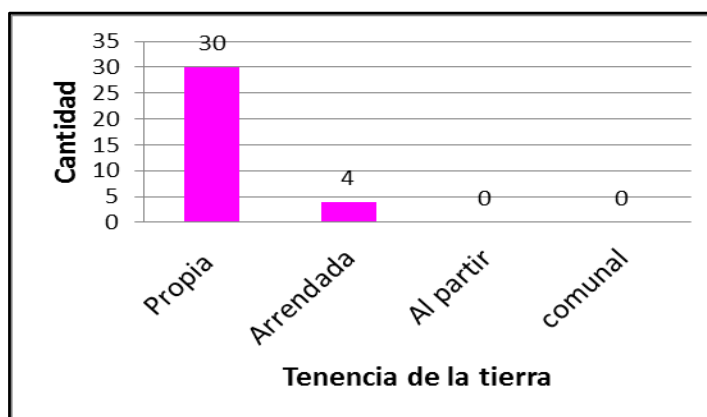
La encuesta fue realizada en la comunidad de San Simón a 34 agricultores asentados en el área de estudio.

Cuadro N° 2
Tenencia de la Tierra

Tenencia de la Tierra	Cantidad	Porcentaje
Propia	30	88
Arrendada	4	12
Al partir	0	0
Comunal	0	0
TOTAL	34	100

Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico 1
Tenencia de la Tierra



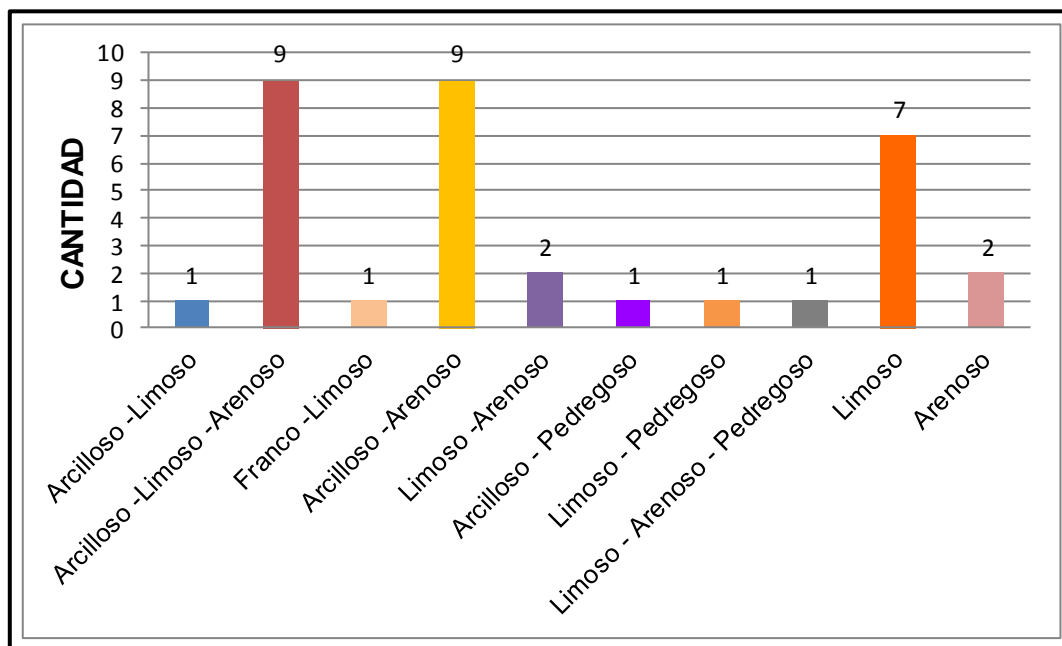
Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al Cuadro 1 y Grafico 1 podemos observar que 30 personas de la población encuestada cuentan con tenencia de la tierra, es decir un 88% de las personas tiene tierra propia y 4 personas con tierra Arrendada, que corresponden a un 12%.

Cuadro N° 3
Tipo de Suelos Predominantes dentro de la Finca

TIPOS DE SUELO POR PREDIO	CANTIDAD
Arcilloso –Limoso	1
Arcilloso -Limoso –Arenoso	9
Franco –Limoso	1
Arcilloso –Arenoso	9
Limoso –Arenoso	2
Arcilloso – Pedregoso	1
Limoso – Pedregoso	1
Limoso - Arenoso – Pedregoso	1
Limoso	7
Arenoso	2
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico 2**Tipo de suelos predominantes dentro de la finca**

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 2 y la gráfica 2 se muestra que en el área de estudio se encontró que los suelos predominantes corresponden a suelos arcilloso-limoso-arenoso en 9 predios y arcillo arenoso, también en 9 predios, seguidos de suelos limosos en 7 predios.

Cuadro N° 4**Análisis de Suelo**

¿HA REALIZADO ALGUNA VEZ ANÁLISIS DE SUELO?	
Antes de la siembra	Después de la siembra
SI	NO
1	33

Fuente: Elaboración propia, 2017

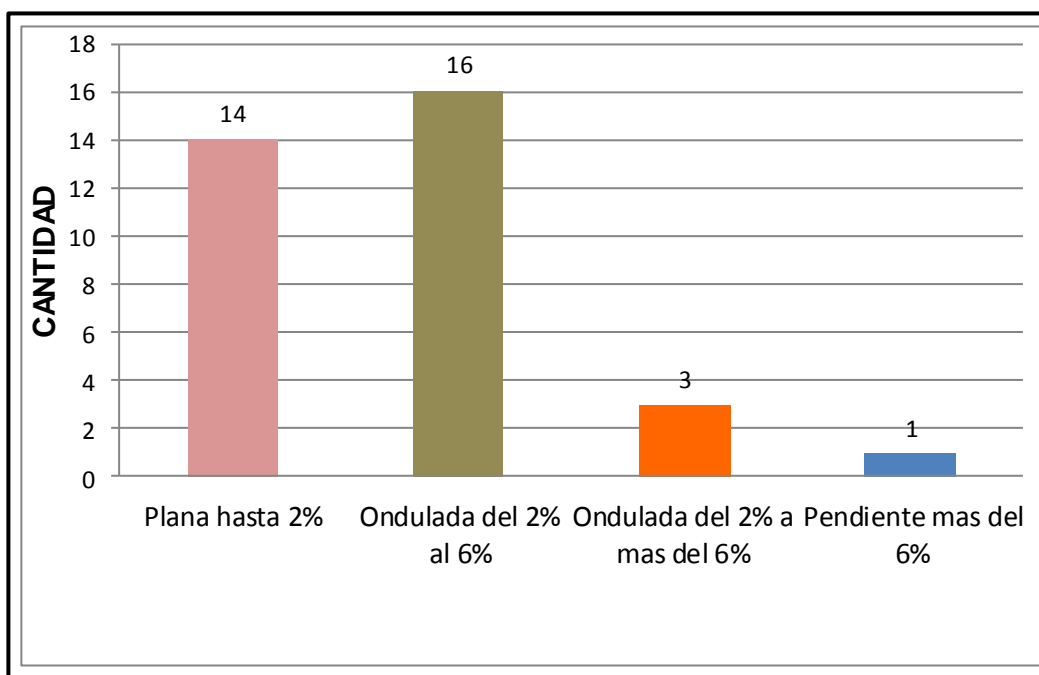
De acuerdo al cuadro 3 se observa que uno sola persona ha realizado el análisis de suelos de su predio.

Cuadro N° 5
Descripción de la Topografía

DESCRIPCION DE LA TOPOGRAFIA	CANTIDAD
Plana hasta 2%	14
Ondulada del 2% al 6%	16
Ondulada del 2% a más del 6%	3
Pendiente más del 6%	1
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico 3
Descripción de la Topografía



Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 4 y grafica 3 se establece que la mayoría de los predios encuestados, 16 corresponden a suelos con topografía ondulada del 2% al 6% de pendiente, y 14 predios con un tipo de suelo plano hasta 2% de pendiente, que coincide con lo encontrado en el estudio realizado por el MACA en el año 1977 que corresponde al sector de San Simón con pendientes planas, suaves y moderadas.

Cuadro N° 6
Profundidad de los Suelos

¿QUE PROFUNDIDAD TIENE SU SUELO?	CANTIDAD
0-15	0
16-30	0
31-60	1
Más De 60 cm	0
no sabe	33
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 5 se observa que la mayoría de la población encuestada 33 personas no sabe que profundidad tiene su suelo y solo una persona sabe que su suelo tiene de 31-60 cm de profundidad. El estudio del año 1977 establece que los suelos del área de estudio son profundos y bien drenados.

Cuadro N° 7
Número de Predios por Superficie y Cultivo

¿QUÉ CULTIVOS TIENE SEMBRADO ACTUALMENTE?		
CULTIVO	SUPERFICIE	N° PREDIOS
Maíz	1 Ha	11
	1,5 Ha	5
	2,5 Ha	6
	3 Ha	6
	4 Ha	1
	4,5 Ha	1
	5 Ha	2
	7, 5 Ha	1
	8 Ha	1
Maní	1 Ha	6
	1,5 Ha	4
	2,5 Ha	3

	3 Ha	3
Yuca	1 Ha	1
	4,5 Ha	4
Pasto	3 Ha	3
Papa	1 Ha	1

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 6 y 7, la mayoría de personas se dedican al cultivo de maíz y maní, en menor superficie cultivaron la yuca y el pasto, ocupando el último lugar el cultivo de la papa con solo productor y de una Ha. El estudio realizado por el MACA el año 1977 indica que los suelos del área de estudio en su mayor parte estaban ocupados con el cultivo del maíz, y de acuerdo al PDM del Municipio de Entre Ríos del año 2008-2012. Indica que las personas se dedicaban al cultivo de maíz, maní, yuca, poroto, papa, soya y cítricos.

Cuadro N° 8
Total Hectáreas por Rubro

	Maíz ha	Maní has	Yuca has	Pasto has	Papa has	TOTAL HAS.
1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	6,0
3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
5	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0	2,5
6	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	6,0
7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
8	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
9	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	5,0
10	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	3,0
11	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
12	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
13	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
14	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0
15	2,0	0,0	1,0	4,0	0,0	7,0
16	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,0
17	2,0	4,0	0,0	0,0	1,0	7,0
18	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	3,0
19	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
20	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
21	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
22	7,0	1,0	0,0	0,0	0,0	8,0

23	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0
24	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
25	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
26	8,0	2,0	0,0	0,0	0,0	10,0
27	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0
28	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
29	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0
30	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
31	5,0	3,0	0,0	0,0	0,0	8,0
32	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0
33	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0
34	3,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,5
TOTAL	82,0	29,0	2,0	7,0	1,0	121,0

Fuente: Elaboración Propia, 2017

De acuerdo al cuadro 7 la mayoría de la población encuestada se dedica al cultivo de maíz con un total de 82,0 ha y 29,0 ha de maní, yuca, pasto, papa en menores cantidades, haciendo un total de hectáreas cultivadas de 121 Ha.

De acuerdo al PDM(2008-2012) de acuerdo a superficie cultivada por distrito el distrito 5 en cuanto al cultivo de maíz tiene 1977 ha, maní con 131.5 Ha, papa 13.1 ha, yuca 35.1 haciendo un total de hectáreas cultivadas de 11902.6 Ha.

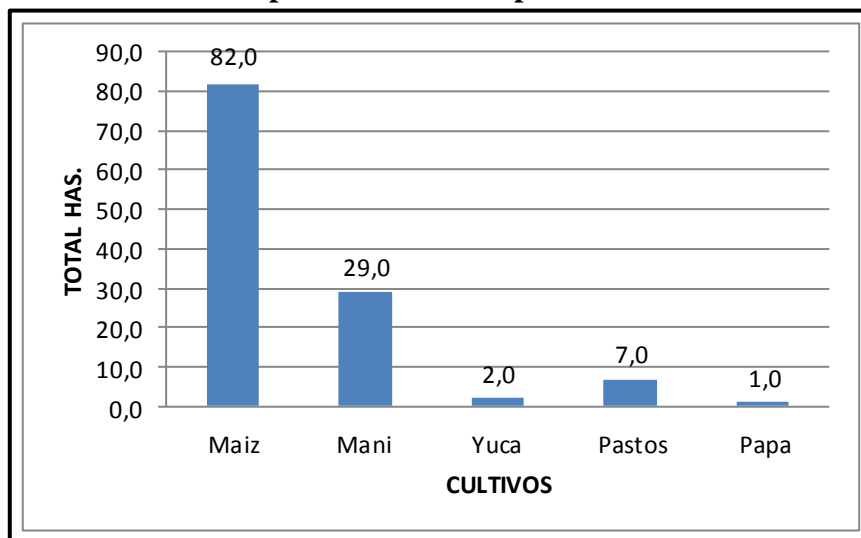
Cuadro N° 9

Total hectáreas cultivadas y porcentaje por rubro

RUBRO	Maíz	Maní	Yuca	Pastos	Papa
TOTAL HAS.	82,0	29,0	2,0	7,0	1,0
PORCENTAJE	67,8	24,0	1,7	5,8	0,8

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Gráfico 4
Superficie cultivada por rubro



Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 8 y grafica 4 se observa que la mayoría de la población encuestada se dedica a la agricultura de maíz con un total de 82 Has y un porcentaje 67,8,% y a la agricultura de maní un total de 29 Has con un porcentaje de 24.0% y en menor cantidades los que se dedican a la siembra de yuca con 2Has con un porcentaje 1,7% , pasto 7Has con un porcentaje de 5,8% , papa 1Ha con un porcentaje de 0,8%.

Cuadro N° 10
Total hectáreas y porcentaje por agricultor

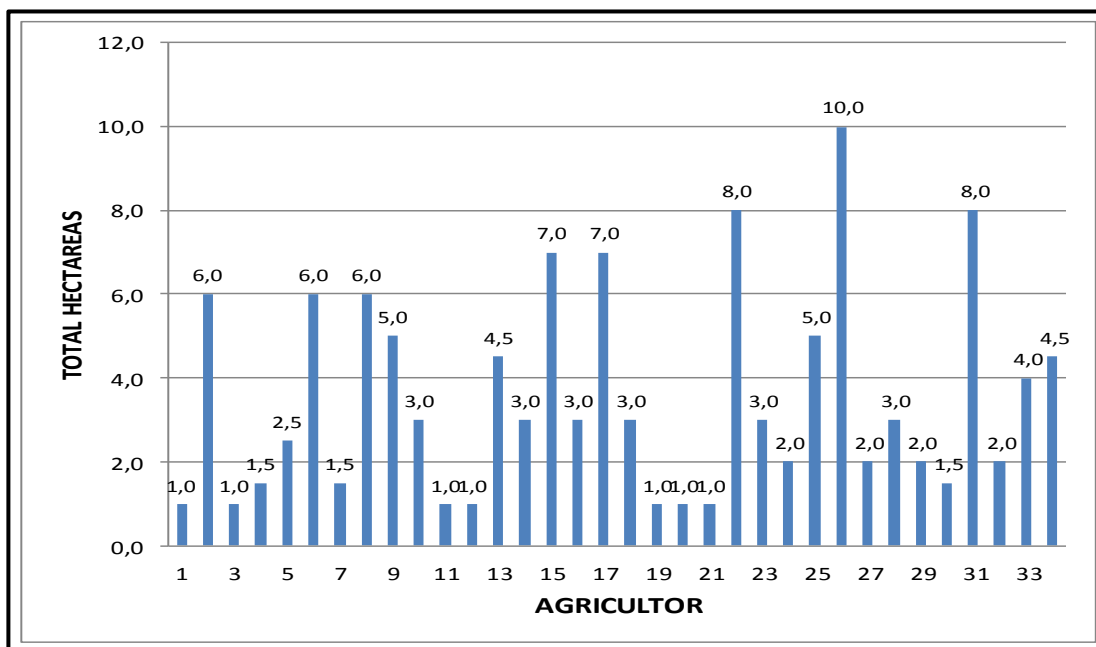
Nº	TOTAL Has.	%
1	1,0	0,8
2	6,0	5,0
3	1,0	0,8
4	1,5	1,2
5	2,5	2,1
6	6,0	5,0
7	1,5	1,2
8	6,0	5,0
9	5,0	4,1
10	3,0	2,5
11	1,0	0,8
12	1,0	0,8
13	4,5	3,7
14	3,0	2,5

15	7,0	5,8
16	3,0	2,5
17	7,0	5,8
18	3,0	2,5
19	1,0	0,8
20	1,0	0,8
21	1,0	0,8
22	8,0	6,6
23	3,0	2,5
24	2,0	1,7
25	5,0	4,1
26	10,0	8,3
27	2,0	1,7
28	3,0	2,5
29	2,0	1,7
30	1,5	1,2
31	8,0	6,6
32	2,0	1,7
33	4,0	3,3
34	4,5	3,7
	121,0	100,0

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Gráfico 5

Total hectáreas y porcentaje por agricultor



Fuente: Elaboración propia, 2017

Conforme se observa en el cuadro 9 y grafica 5 podemos establecer que 14 agricultores tiene una extensión de 0 a 2 Has de terreno que corresponde a un 41%, seguido de 8 agricultores que llegan a un 23% que poseen una superficie de entre 2 a 4 Has. y finalmente con el 21% y 12%, que corresponde a 7 y 4 agricultores respectivamente con una superficie entre 4 a 6 Has. Y un solo agricultor con 10 Has de superficie.

Cuadro N° 11

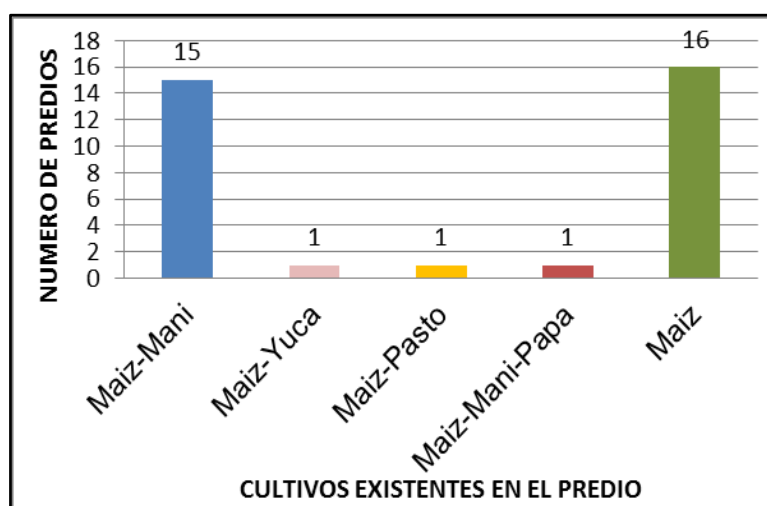
Cultivos existentes en el predio

CULTIVO	CANTIDAD
Maíz – Maní	15
Maíz-Yuca	1
Maíz – Pasto	1
Maíz - Maní-Papa	1
Maíz	16
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6

Cultivos existentes en el predio



Fuente: Elaboración Propia, 2017

De acuerdo al cuadro 10 y grafica 6 que se muestran líneas arriba se puede observar que la superficie cultivada por los agricultores corresponde mayoritariamente a los cultivos de maíz y maíz-maní, prácticamente en un 50 % por cada cultivo existente. Por otra parte es de hacer notar que en el 50% se observa que realizan una rotación de cultivos de maíz-maní o bien maní- maíz.

Cuadro N° 12
Problemas de los cultivos

PROBLEMAS EN LOS CULTIVOS	CANTIDAD
PYE-FMO	3
PYE -FAT	14
PYE- PDT	1
PYE	13
FAT	1
PS	1
PMB	1
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia, 2017

P Y E - FMO = Plagas y Enfermedades y Falta de Mano de Obra

P Y E - FAT = Plagas y Enfermedades - Falta de Asistencia Técnica

P Y E - PD T = Plagas y Enfermedades -Problemas de Tenencia o Falta de
Tierra

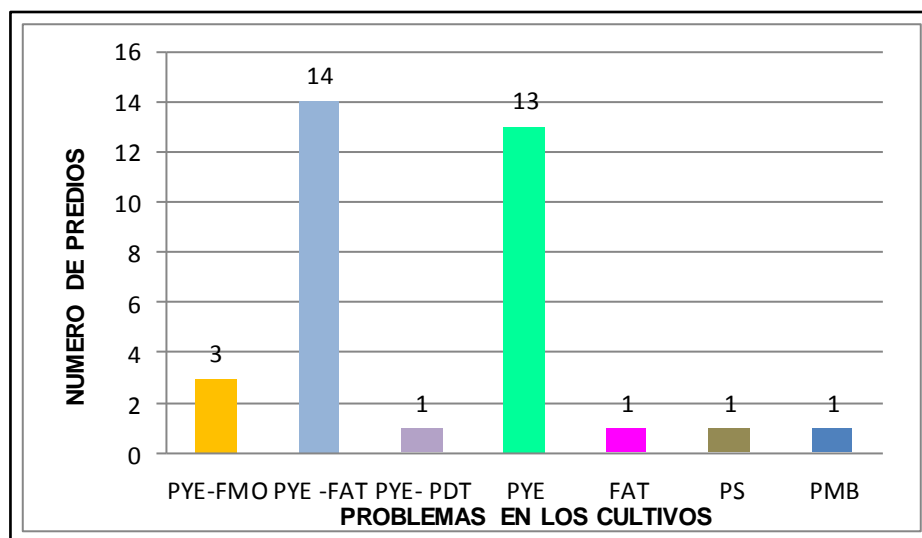
P Y E= Plagas y Enfermedades

FAT = Falta de Asistencia Técnica

PS = Problema de Suelos

PMB = Precios Muy Bajos

Gráfico 7
Problemas de los cultivos



Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 11 y grafica 7, 14 son los agricultores que tienen problemas en sus cultivos por plagas y enfermedades y falta de asistencia técnica (PYE-FAT), y 13 agricultores por plagas y enfermedades (PYE).

Cuadro N° 13
Época de siembra y cosecha

CULTIVOS	ÉPOCA		
	SIEMBRA	NÚMERO	COSECHA
Maíz	Noviembre	13	Junio
	Diciembre	21	Julio
Maní	octubre	4	Marzo
	Noviembre	20	Abril
	Diciembre	10	Mayo

Fuente: Elaboración propia, 2017

De los resultados de la encuesta realizada, se establece que las épocas de siembra corresponden a los meses de octubre a diciembre, y de marzo a junio se realizan la cosecha. Estos datos obtenidos coinciden con los encontrados en el PDM (2008-2012) realizado para el municipio de Entre Ríos que establece como época de siembra en los meses de noviembre y diciembre, y cosecha en los meses de mayo a junio.

Cuadro N° 14
Labores preculturales

Tracción que utilizan			Sentido de Laboreo			Realiza abonadura		Abono que utiliza					
Mecánica	Animal	Humana	Siguiendo la pendiente	A través de la pendiente	NO Sabe /No responde	Si	No	Gallinaza	Kasrojo de cosecha	De oveja	De puercos	De Caballos	No Abona
13	7	14	0	5	29	13	21	4	2	7	0	0	21

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 13, en las labores pre culturales la mayoría utilizan la fuerza humana y animal, y en cuanto en el sentido de laboreo 29 agricultores no sabe no responde, 5 agricultores realizan su laboreo a través de la pendiente, 21 personas no realizan abonaduras, y solo 13 si las realizan.

Según PDM (2008-2012) La tecnología utilizada mayoritariamente es tradicional, para el laboreo de suelos se utiliza arado de palo con tracción animal, estos datos coinciden con los resultados obtenidos en la encuesta realizada.

Cuadro N° 15
Fertilización en los cultivos

Realiza Fertilizaciones antes de la Siembra?	cantidad
Si	0
No	34
Cultivo	0
Tipo de fertilizante o mezcla	0
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia, 20

Cuadro N° 16
Problemas de Erosión

PROBLEMAS DE EROSIÓN														
Conoce el Significado de Erosión		Pérdida de Suelo			Grado Provocado por el Viento			Daños que Provoca el Agua de Riego			Daños provocado por la lluvia sobre el Suelo			
Si	No	Viento	Agua de riego	Lluvia	Leve	Moderado	Fuerte	No afecta en nada	Hace surco	Cambia el color del suelo	Costra superficial	Hace Surcos	Cárcavas	No afecta en nada
30	4	1	2	31	11	16	7	9	25	0	0	31	3	0

Fuente: Elaboración propia, 2017

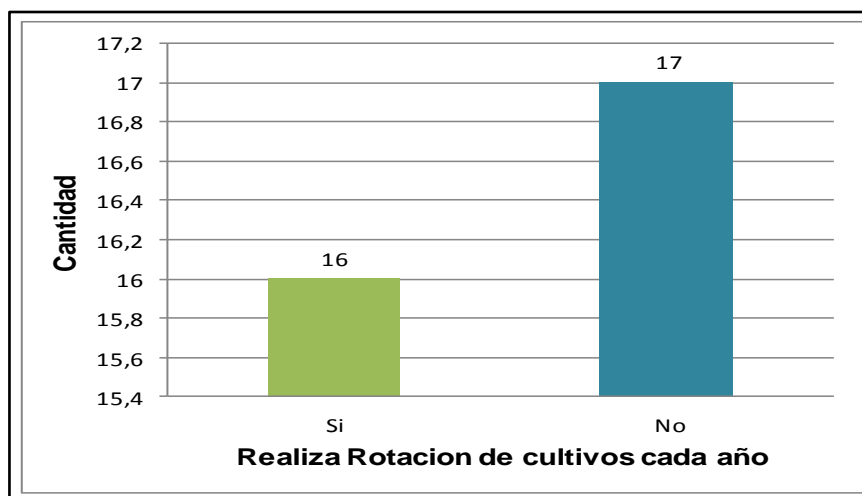
Conforme se muestra en el cuadro 15, 30 agricultores encuestados conocen el significado de erosión, 31 dicen que hay pérdida de suelo por lluvia en forma de surcos y 3 en cárcavas, 16 manifiestan problemas de erosión moderada por el viento.

Cuadro N° 17
Rotación de Cultivos

¿Realiza Rotación de cultivos cada año	Cantidad
Si	16
No	17
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico 8
Rotación de Cultivos



Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 17 y gráfica 8, 17 agricultores no realizan la rotación de Cultivos cada año, solo 16 personas la realizan.

El PDM (2008-2012) indica lo siguiente: “Sin embargo en muchos potreros no se observa rotación de cultivos, pues tan sólo un 12% de productores la practican, intercalando principalmente el maíz con maní y papa. En tanto que en los desmontes, la producción es con un mono cultivo, donde solamente se produce maíz y ocasionalmente se combina con otros cultivos, primer año Maíz- Papa, segundo año Maíz – Maní y tercer ano Soya”.

3.2. Resultados del Análisis Físico Químico de los suelos del Área de San Simón

Es menester aclarar que la muestra tomada en el año 2017 corresponde al mismo sitio tomado en el año 1997 por el Departamento de suelos del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA), se tomó esta muestra con la finalidad de comparar y tener mayor análisis de la degradación de los suelos en el área de estudio, se tomó una muestra en la comunidad de Taquillos muy próxima la de San Simón pero ambas comunidades tienen aparentemente las mismas características de suelo y clima y particularmente los suelos que están involucrado en la actividad agrícola.

Cuadro N° 18
Características Físicas del Perfil serie San Simón tomadas el año 1977

HORIZONTE (*)	PROFUNDIDA D m	DISTRIBUCION DE PARTICULAS			CLASE TEXTURAL	LIMO/ ARCILLA	C.C.	HA
		AREN A%	LIMO%	ARCILLA %			%	cm.
A1	0-12	63.6	26.4	10.8	Franco arenoso	2.64	12.2	1.56
C	12-46	62.4	25.6	12.0	Franco arenoso	2.13	13.1	4.42
IIC	46-73	65.6	25.6	8.8	Franco arenoso	2.91	11.4	3.51
IIIC	73-118	82.4	10.8	6.8	Arenoso francoso	1.59	8.0	3.60
IVC	118 - 160	65.2	24.4	10.4	Franco arenoso	2.35	12.1	5.46

(*)A1, C, IIC, IIIC, IVC= Secuencia de horizontes definidos en el estudio del año 1977 (MACA)

Cuadro N° 19
Características Físicas de los Perfiles
de Taquillos y San Simón Año 2017

N° LAB.	IDENTIFICACIÓN	PROF. (cm)	PH 1:5	C.E. Mmhos/cm 1:5	Da (g/cc)	Dp (g/cc)	Hs %	CC %	PMP %	A %	L %	Y %	TEXTURA
O13	Taquillos P1H1	0 -12	8.5	0.591						45	27	29	FYA
14	Taquillos P1H2	12-46	7.8	0.042						53	24	23	FYA
15	San Simón P2H1	0-12	6.8	0.022						69	22.6	9	FA
16	San Simón P2H2	12--46	8.6	0.102						63	24	13	FA

Textura: FYA= Franco Arcillo Arenoso; FA= Franco Arenoso

Las características del suelo de los perfiles de la serie san Simón y taquillos se encuentran en una fisiografía de valles estrechos formados por aluviones laterales y materiales de arrastre, con pendientes planas, suaves y moderadas (0-12%), bien drenados a moderadamente bien drenados.

De acuerdo al estudio del año 1977 en superficie y en profundidad no presentan sales ni álcalis que pudieran afectar a los cultivos, como la profundidad de estos suelos es buena, la humedad en superficie varía de húmedo a ligeramente húmedo y húmedo en profundidad.

De acuerdo a la descripción de perfiles realizados en el 2017, los suelos presentan una coloración en el P1H1 Marrón fuerte y en el P1H2 color Marrón oscuro. Mientras que en el año 1977 tenemos un tipo de suelo Entisol, por lo tanto se definen como suelos que no muestran ningún desarrollo definido de perfiles, no tienen horizontes diagnósticos.

El color del suelo marrón fuerte y marrón oscuro es debido a la disolución de materia orgánica que ocurre a pH superior a 8(muy alcalinos)

En ambos estudios se ha encontrado que la actividad biológica de estos suelos es intensa en la superficie y disminuye en profundidad, como la distribución de las raíces varía de abundantes a pocas en superficie y en profundidad disminuye.

En el estudio del año 1977 se encontró que los suelos del sector San Simón se encontraban moderadamente erosionados, en el actual estudio se los encontró con erosiones severas. Y a simple vista con signos de degradación.

Referente a la textura se ha encontrado para ambos estudios que corresponden a una textura de Franco arenoso para la serie San Simón con diferencias mínimas en los porcentajes de Arena, limo y arcilla conforme se muestra en el Anexo 3 y 4 de los resultados obtenidos tanto en año 1977 y el año 2017.

Sin embargo se ha encontrado una diferencia con la serie San Simón y Taquillos este último tiene una textura Franco Arcillo Arenosa, el perfil Taquillos se encuentra aproximadamente a 3.5 Km de distancia de la serie de San Simón, por tanto la textura de estos suelos en sus distintos horizontes es franco arenosa con ligeras variaciones hacia texturas medias.

Cuadro N° 20
Análisis Químico de los Perfiles
de Taquillos y San Simón Año 2017

N° LAB	IDENTIFICACIÓN	PROF (cm)	pH 1:5	C.E Mmhos/cm 1:5	CATIONES DE CAMBIO meq/ 100g					RAS	SB %	M.O %	N.T %	P Olsen ppm
					Ca	Mg	K	Na	CIC					
13	Taquillos P1H1	0 -12	8.5	0.591	22,8	7,6	0.17	0.07	26.07			0.49	0.03	34.42
14	Taquillos P1H2	12-46	7.8	0.042	11,6	2,4	1.89	0,06	14.91			0.75	0.05	37.32
15	S. Simón P2H1	0-12	6.8	0.022	4,4	2,6	0.20	0.07	7.90			1.05	0.07	32.90
16	S. Simón P2H2	12- 46	8.6	0.102	12,2	2,6	0.16	0.08	12.64			1.45	0.10	36.98

CUADRO N° 21
Características Químicas del Perfil
de San Simón Tomadas el Año 1977

Horizonte (*)	pH Suelo: Agua 1:2	CE Mmhos 1:2	C %	N %	C/N	MO %	mg/100 gr. de Suelo						SB %	P Disponible Ppm
							CIC	Ca++	Mg++	Na+	K+	TBI		
A1	6.6	0.540	1.3	0.11		2.2	2.2	3.4	1.5	0.20	0.33	5.43	96	9.0
C	6.6	0.160	0.4	0.03		0.7	0.7	4.8	1.0	0.21	0.26	6.27	97	1.0
IIC	5.9	0.046					6.14	4.8	0.8	0.18	0.16	5.94	97	2.0
IIIC	5.9	0.024					4.74	3.7	0.6	0.15	0.09	4.54	96	0.5
IVC	6.2	0.050					8.12	5.6	2.0	0.18	0.14	7.92	97	2.0

FUENTE: Análisis químico MACA (1977)

(*) A1, C, IIC, IIIC, IVC= Secuencia de horizontes definidos en el estudio del año 1977 (MACA)

En el estudio de suelos del año 1977 se encontró que el pH tenía valores que variaban de moderadamente alcalino, suavemente alcalino, neutro, suavemente ácido a moderadamente ácido, conforme se observa en el cuadro anterior. Por lo que los suelos de la serie San Simón, fueron considerados por su bajo contenido como normales.

Comparativamente en el estudio del año 2017 se encontró valores muy similares para los horizontes de la serie San Simón que fueron de 6.8 y 8.6 y para la serie taquillos los valores de 8.5 y 7.8 que se podrían considerar como suelos moderadamente

alcalinos a fuertemente alcalinos, sin embargo si nos fijamos en el extracto de saturación el realizado en el año 1977 fue de 1:2 y del año de 2017 de 1: 5, es decir que los valores de pH del suelo varían de acuerdo a las condiciones de humedad, cuanto más diluida sea la suspensión de un suelo tanto más alto será el valor del pH hallado, ya sea en el suelo ácido o en el suelo alcalino (Villarroel-AGRUCO, 1999). En este sentido podemos decir que el pH en la zona de estudio no ha variado, excepto en el perfil de 12-46 cm de profundidad que se podría decir que después de 40 años se situaría en un suelo débilmente alcalino en las capas de profundidad. El aumento o disminución del pH del medio, depende de varios factores, entre ellos, el pH del sustrato, la alcalinidad del agua, la actividad de cal, la acidificación por las raíces de la planta, y el uso de un fertilizante de reacción ácida o básica (J. Villarroel, 1997), en este caso existe una fuerte probabilidad que el aumento leve se deba a la existencia de carbonatos en el suelo de la zona de estudio, que son disueltos y arrastrados por aguas de lluvia y en parte por la actividad agrícola que se practica en la zona.

Cuadro N° 22

Análisis Químico de la Conductividad Eléctrica

Horizonte	Análisis Químico C.E Mmhos/cm	
	1977	2017
Taquillos P1H1		0.591
Taquillos P1H2		0.042
San Simón P2H1	0.540	0.022
San Simón P2H2	0.160	0.102

Fuente: Elaboración propia, 2017

Según el cuadro 22 del análisis químico del año 1977 la CE del P1H1 tenía 0.540 Mmhos/cm, mientras que en el año 2017 solo se tiene el 0,022 Mmhos/cm.

Para el P1H2 del año 1977 se tiene 0.160 Mmhos/cm, y para el año 2017 presenta un valor del 0.102 Mmhos/cm. Por lo que nos da a entender que en año 2017 se presentan bajos niveles de conductividad eléctrica en los horizontes de estudio.

La reducción de la conductividad eléctrica que presenta el año 2017 indica que el suelo contiene una concentración de sales muy bajas, lo que significa que no hay suministro suficiente de minerales esenciales para el correcto desarrollo del cultivo y su rendimiento.

Cuadro N° 23

Interpretación de la Conductividad Eléctrica

RANGO	CLASIFICACIÓN
<2	no salino
2 a 4	débilmente salino
4 a 8	moderadamente salino
8 a 16	fuertemente salino
> 16	muy fuertemente salino

Fuente: Fuente: Richards (1997)

Como se puede observar en el cuadro anterior, tenemos bajos niveles de conductividad eléctrica, y de acuerdo a la interpretación del cuadro 23, dichos valores están en un rango < 2, entonces nuestro suelo se clasifica en suelo no salino.

Cuadro N° 24

Análisis Químico de Materia Orgánica

Horizonte	Análisis Químico M.O	
	1977	2017
Taquillos P1H1		0.49
Taquillos P1H2		0.75
San Simón P2H1	2.2	1.05
San Simón P2H2	0.7	1.45

Fuente: Elaboración propia, 2017

CUADRO N° 25

Interpretación de la Materia Orgánica

Clasificación	Contenido M.O %
Muy bajo	0.0 -1.0
Bajo	1.1-2.0
Moderado	2.1-4.0
Altos	4.1-8.0
Muy alto	mayor 8.0

Fuente: método de Walkley y Black

Conforme se muestra en el cuadro 24 y según su interpretación, Se observa que el contenido de materia orgánica (MO) en el transcurso de los 40 años ha disminuido de un 2.2% (moderado) a 1.05 (bajo), no siendo lo mismo en el perfil inferior que aumenta de 0.7 a 1.45%, por otra parte estas relaciones son de extrema importancia para la productividad y conservación de los suelos y para la dificultad relativa de manejar en forma sustentable el recurso natural suelo, mencionada por (KONONOVA, M.M. 1981), las actividades agrícolas son otros factores que se consideran para la presencia de MO y fundamentalmente en el manejo del suelo. Las condiciones anteriormente descritas son las encontradas en el área de estudio, por estas razones se encuentra la materia orgánica en menor porcentaje que en el año 1977, lo cual confirma la encuesta realizada y presentada en el cuadro 15 donde se observa que la mayoría de las personas no abonan sus cultivos, solo dos personas abonan sus cultivo de maíz, uno con estiércol de gallina otra con estiércol de oveja.

Cuadro N° 26
Análisis Químico del Nitrógeno Total

Horizonte	Análisis Químico N.T	
	1977	2017
Taquillos PIH1		0.03
Taquillos PIH2		0.05
San Simón P2H1	0.11	0.07
San Simón P2H2	0.03	0.10

Fuente: Elaboración propia, 2017

Cuadro N° 27
Interpretación Del Nitrógeno Total

Clasificación	Niveles de N total (%)
Muy bajo	menor 0.05
Bajo	0.05 -0.15
Moderado	0.15 -0.20
Alto	0.20-0.30
Muy alto	mayor 0.30

Fuente: (Método Kjeldahl)

De acuerdo a los resultados en el análisis químico del cuadro 26 en el P2H1 se observa un valor de 0.11 correspondiente al año 1977, y en el año 2017 se tiene un valor de 0,07. En el año 1977 P2H2 presenta 0.03, para el año 2017 se tiene un valor de 0.10, el nitrógeno total tuvo una disminución significativa que va de moderado a bajo, esto se debe fundamentalmente a la disminución de la materia orgánica que fue analizada anteriormente, por lo que podemos afirmar que a menos materia orgánica existirá menos nitrógeno total disponible por una parte y por otra de acuerdo la encuesta realizada establecemos que no hubo aporte significativos del nitrógeno a través de fertilización orgánica y/o química por

parte de los agricultores, conforme se muestra en el cuadro 14 del resultado de la encuesta realizada a los agricultores del área de estudio.

Cuadro N° 28
Análisis Químico del Fósforo

Horizonte	Análisis Químico P	
	1997	2017
Taquillos P1H1		34,42
Taquillos P1H2		37.32
San Simón P2H1	9.9	32.90
San Simón P2H2	1.0	36.98

Fuente: método Olsen y colaboradores

Cuadro N° 29
Interpretación del Fósforo

Clasificación	P asimilable	
	ppm	Kg/ha
	equivalente	
Muy bajo	0 -5	0 -12.5
Bajo	6- 15	15-37.5
Medio	16 -25	40 -62.5
Alto	26- 45	65 -112.5
Muy alto	Mayor 45	mayor 112.5

J. Rojas, 1993, menciona que el óptimo rango de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad del fósforo se encuentra entre 6,5 y 7.5. Las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que en este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fosforo inorgánico del suelo, así en rangos de pH ácido hasta 6,5 se reduce la solubilidad de fosfatos de hierro y aluminio y aumenta la solubilidad de las formas ligadas al calcio. Pasado cierto nivel de pH alcalino (sobre 7,5) comienzan a precipitar ciertas formas de fosfatos de calcio y nuevamente se reduce la disponibilidad del

fosforo. Por otra Parte el mismo autor menciona que entre los factores que influyen la disponibilidad del Fosforo está el factor suelo, es decir que el contenido de fosforo disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales. Cualquier cambio en las propiedades del suelo se encuentra relacionado con la concentración del fosforo en solución (*intensidad*), la magnitud del fosforo de la fase solida del suelo susceptible de pasar a la solución o fosforo lábil (cantidad), la capacidad del suelo de restablecer el fosforo de la solución(capacidad o poder tampón del fosforo) y las características del suelo que permiten el paso de iones fosfato desde las zonas de alta concentración a la superficie de las raíces (difusión), explican los cambios producidos en la cantidad de fósforo disponible. Del análisis realizado por Rojas, 1993, podemos concluir que: por las características del suelo existentes en la zona de estudio, por los rangos de pH encontrados y por las condiciones ambientales (cantidad de materia orgánica y la humedad de suelo - lluvias) y fundamentalmente por los cambios en las condiciones del suelo por las actividades antrópicas ocurridas en el transcurso de 40 años, se explica el aumento de la cantidad del contenido de Fósforo asimilable. Lo cual está demostrado en los resultados en los diferentes cuadros que se presentan como producto de la encuesta realizada en el área de estudio.

Cuadro N° 30

Clasificación de la Capacidad de Intercambio Catiónico

Clasificación	CIC me /100 gr suelo
Muy bajo	menor 5
Bajo	6 -12
Moderado	13 -25
Alto	26 – 40
Muy alto	mayor 40

Cuadro N° 31

Análisis Químico de la CIC

IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS QUÍMICO 1977					ANÁLISIS QUÍMICO 2017				
	CIC	K	Ca	Mg	Na	CIC	K	Ca	Mg	Na
Taquillos P1H1						26.07	0.17	22.8	7.6	0.07
Taquillos P1H2						14.91	1.89	11.6	2.4	0.06
S. Simón P2H1	5.63	0.33	3.4	1.5	0.20	7.90	0.20	4.4	2.6	0.07
S. Simón P2H2	6.47	0.26	4.8	1.0	0.21	12.64	0.16	12.2	2.6	0.08

De acuerdo a la clasificación la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de la zona de estudio se puede observar un nivel alto en relación al año 1977 en este año, el P2H2 tiene un valor de 5.63, y en el año 2017 un valor de 7.90 y para el P2H2 del año 1977 un valor de 6.47, y para el año 2017 un valor de 12,64, los suelos con alto contenido de barro o de materia orgánica tienden a tener un alto CIC y los suelos arenosos tienen bajo CIC. En este sentido consideramos que el nivel bajo correspondiente al año 1977 de la CIC se debe más que todo a la presencia de un bajo porcentaje de Materia Orgánica, en otras palabras a la pérdida de la M.O. como se demuestra en el cuadro 24, además existe otra razón y es de que los suelos de la zona de estudio son de un tipo Franco Arenoso, es decir como que no hay presencia de arcillas, la CIC es baja a diferencia de la zona del perfil Taquillos, que presenta niveles altos de CIC contrariamente a lo encontrado por el MACA en 1997, que establece de moderado, bajo a muy bajo.

Cuadro N° 32

Clasificación Intercambiable del Ca, Na, Mg Y K

Clasificación	Intercambiable me /100 gr suelo			
	Ca	Na	Mg	K
Muy bajo	menor 2.0	menor 0.1	menor 0.5	menor 0.25
Bajo	2.0 -5.0	0.10 - 0.30	0.51 - 1.5	0.26 -0.50
Moderado	5.1-10.0	0.31 - 0.70	1.6 - 4.0	0.51 -0.75
Alto	10.1 -20.0	0.71 - 2.00	4.10 - 8.0	0.76 -1.00

Muy alto	mayor 20.0	mayor 2.00	mayor 8.0	mayor 1.00
-----------------	------------	------------	-----------	------------

Fuente: Elaboración propia 2017

Cuadro N° 33
Análisis Químico 1997 – 2017

IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS QUÍMICO 1977					ANÁLISIS QUMICO 2017				
	CIC	K	Ca	Mg	Na	CIC	K	Ca	Mg	Na
Taquillos P1H1						26.07	0.17	22.8	7.6	0.07
Taquillos P1H2						14.91	1.89	11.6	2.4	0.06
S. Simón P2H1	5.63	0.33	3.4	1.5	0.20	7.90	0.20	4.4	2.6	0.07
S. Simón P2H2	6.47	0.26	4.8	1.0	0.21	12.64	0.16	12.2	2.6	0.08

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 33 podemos observar que el K y el Na han disminuido en el transcurso de los 40 años, en ambos casos de bajo a muy bajo; contrariamente a los valores encontrados de Ca y Mg que han subido en el mismo perfil.

Con respecto a los valores muy bajos de K y Na hay una coincidencia con lo manifestado por Rodríguez 1993, que indica que los suelos con bajo contenido de arcillas presentan especialmente valores bajos de K. La forma intercambiable se considera como la principal fuente primaria de K para la absorción de los cultivos (Haby, et al, 1990), notándose claramente en la zona de estudio rendimientos bajos en los cultivos que allí se practican, como indica la encuesta realizada.

El Ca y el Mg de manera general han subido de acuerdo al cuadro 27 de bajo a moderado, esto puede deberse a la presencia de calizas y yeso como también sal de roca como indica el estudio de Clasificación de Tierras Según su Aptitud para Uso Agrícola del MACA 1977. Lo mismo sucede con el Mg que coincide con lo manifestado por (Havlin et al., 1999). Que dice que Las concentraciones de Mg^{2+} en el complejo de cambio varían según

el material parental, tipo de arcilla, la textura, presencia de otros cationes, la acidez, la lluvia, extracción por los cultivos y los aportes vía fertilización y encallamiento, en el cuadro 2 se muestran las características de los suelos que pueden explicar lo mencionado, líneas arriba y en el cuadro 7, la superficie ocupada por los distintos cultivos que pueden explicar lo analizado líneas arriba.

Cuadro N° 34
Porcentaje Del Carbono Orgánico Del Suelo
(COS) En Por ciento

IDENTIFICACIÓN	PROFUNDIDAD	COS 1977	COS 2017
Taquillos P1H1	0- 12		
Taquillos P1H2	12-46		
San Simón P2H1	0- 12	0, 23	0,009
San Simón P2H2	12 – 46	0,25	0,13

Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en el cuadro 34 podemos ver que el Carbono Orgánico del Suelo (COS) en el transcurso de los 40 años ha disminuido significativamente de un 12 % al 22% en el perfil de San Simón, no pudiéndose obtener este resultado para el perfil de taquillos por no contar con datos para la aplicación de la fórmula del año 1977. Los cálculos que se realizaron se encuentran en el anexo 9.

(Brady y Weil, 2001), menciona que en ecosistemas agrícolas, la calidad del suelo depende en gran medida de la cantidad, calidad y dinámica de las reservas de COS. Una reducción en el contenido de COS puede acentuar la degradación del suelo por erosión, compactación, pérdida de nutrientes, lavado y acidificación, y en general, provocar un decremento en la biodiversidad del suelo. Por otro lado el Carbono Orgánico del Suelo (COS) afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: 1) calidad (Carter, 2002, Wander *et al.*, 2002), 2) sustentabilidad (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y 3) Capacidad productiva (Sánchez *et al.*, 2004) En ese sentido está claro que de acuerdo a los resultados obtenidos (como el COS) en el presente estudio de suelos, se confirma que estos han perdido su fertilidad y capacidad productiva, es decir existe una degradación de estos suelos por el cambio y uso en el manejo de los mismos, conforme se muestra en los resultados obtenidos a través de la encuesta.

(Lal, 2000) indica que algunos suelos pueden perder el COS a rangos de 2 a 12% al año, llegando a presentar un total acumulado de 50 a 70% de su contenido original. Esta pérdida de C se acentúa por la deforestación, quema de la biomasa, drenaje de humedales, labranza y remoción de residuos de cosecha y biomasa del terreno. Por otra parte (Jansen et al., 1998) afirma que las pérdidas más rápidas ocurren en los primeros 20 a 50 años en los suelos de las regiones templadas, situación comprobada y coincidente con el autor mencionado y los resultados obtenidos en el presente estudio.

Cuadro N° 35
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)

IDENTIFICACIÓN	PROFUNDIDAD	PSI 1977	PSI 2017
Taquillos P1H1	0-12		
Taquillos P1H2	12- 46		
San Simón P2H1	0 -12	3,552	0,886
San Simón P2H2	12- 46	3,245	0,632

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al cuadro 35 el PSI en el P2H1 del Año 1977 tiene un valor de 3.552 y el 2017 tiene 0, 886, el año 1977 el P2H2 tiene un PSI de 3,245 y el año 2017, 0.632, podemos observar que en el año 2017 el PSI en ambos ha bajado.

Los datos obtenidos del PSI fueron encontrados según fórmula en ANEXO 10.

Este proceso de la degradación incluye a la salinidad, sodicidad y a la concentración de boro en el suelo (Ortiz et al., 1994). La salinización se da normalmente en los suelos desarrollados en condiciones climáticas en donde la precipitación es menor a la evapotranspiración y asociada a condiciones de drenaje imperfecto (FAO, 1984).

Por los datos que se han obtenido de los suelos que se han estudiado, la causa de la degradación de los suelos estudiados no corresponde al fenómeno de la degradación por las sales solubles intercambiables como se muestra en los resultados del cuadro 29.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Los suelos del área de estudio corresponden a suelos franco arenosos con ligeras variaciones hacia texturas medias y con erosiones severas. Cuyos valores del pH no han variado; pero si en los valores encontrados en la CE que han disminuido en un 95% y 36% en los perfiles P2H1 y P2H2 respectivamente y corresponden a un suelo no salino. El contenido de materia orgánica (MO) en el transcurso de los 40 años ha disminuido de un 2.2% (moderado) a 1.05 (bajo), del mismo modo el nitrógeno total tuvo una disminución significativa que va de moderado a bajo, esto se debe fundamentalmente a la disminución de la materia orgánica. Por otra parte en el transcurso de 40 años hubo un aumento en la cantidad del contenido del Fósforo asimilable por las características del suelo existentes en la zona de estudio, por los rangos de pH encontrados y por las condiciones ambientales (cantidad de materia orgánica y la humedad de suelo – lluvias), y fundamentalmente por los cambios en las condiciones del suelo debidas a las actividades antrópicas ocurridas.
- La baja CIC encontrada en los suelos de la zona de estudio hace referencia a la baja habilidad de ese suelo de retener nutrientes, que es característica de los suelos arenosos o pobres en materia orgánica y los valores muy bajos encontrados de K y Na nos indican que los suelos tienen bajo contenido de arcillas, consecuentemente

los cultivos que allí se practican tienen bajos rendimientos. Por otra parte el Ca y el Mg de manera general han subido de bajo a moderado, esto puede deberse a la presencia de calizas y yeso como también sal de roca de acuerdo al estudio de Clasificación de Tierras Según su Aptitud para Uso Agrícola del MACA 1977.

- La presencia del carbono ha disminuido de valores de 1.3 a 0,05, consecuentemente el Carbono Orgánico del Suelo (COS) en el transcurso de los 40 años ha disminuido significativamente en un 12 % al 22%, estableciéndose esta pérdida por las actividades antrópicas de la zona de estudio. Por otra parte el PSI obtenido que también es un indicador de la degradación de los suelos por los datos que se han obtenido no es significativo en el fenómeno de la degradación por las sales solubles intercambiables sino más bien por las actividades que en ellos se desarrollaron. En el área de estudio se encontró que el 50% (16 agricultores) tienen suelos ondulados con pendiente del 2% al 6%, bien drenados y profundos los que mayoritariamente están ocupados por los cultivos de maíz y maní con 82 y 29 Has respectivamente, de un total de 121 Has. La extensión de terreno que poseen los agricultores está en el rango de 0 a 2 Has. que corresponden a un 41%, y el 50% de los agricultores que realizan una rotación de cultivos de maíz-maní o bien maní-maíz. De los cuales 14 agricultores tienen problemas en sus cultivos por plagas y enfermedades y falta de asistencia técnica. Un 91% de los agricultores no realizan abonaduras después de la siembra, lo que corresponde a 31 agricultores. Lo cual indica que estos 91% contribuyen a la degradación de los suelos progresivamente en el tiempo.
- En el transcurso de los 40 años el COS ha disminuido significativamente de un 12 % a un 22% esta reducción en el transcurso del tiempo ha acentuado la degradación del suelo por erosión, compactación, pérdida de nutrientes, lavado y en general ha provocado un decremento en la biodiversidad del suelo. Por otro lado el Carbono Orgánico del Suelo (COS) ha afectado la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su capacidad productiva. En ese sentido está claro que de acuerdo a los resultados obtenidos (como el COS) en el

presente estudio, los suelos han perdido su fertilidad y capacidad productiva, es decir existe una degradación de los suelos por el cambio y uso en el manejo de los mismos.

4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar asistencia técnica a los agricultores, para evitar los bajos rendimientos en la producción agrícola.
- Continuar con las de rotación de cultivos para así mejorar el rendimiento de la producción.
- Realizar abonaduras antes y después la siembra para evitar pérdidas de materia orgánica en el suelo y así tener una producción rentable.
- Realizar manejos apropiados de los suelos en cuanto a la conservación y uso, ya que dicho factor es la base fundamental para desarrollar cualquier actividad.
- Aplicación de composta y /o estiércol a las parcelas para aumentar el contenido de materia orgánica y así mejorar la producción en la agricultura.
- Realizar la siembra en dirección contraria a la pendiente para evitar la erosión de los suelos.
- Evitar la tala y la quema descontrolada por sus efectos para la erosión y la eliminación de microorganismos del suelo.