

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO O REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

1.2 COMPACTACIÓN

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de uso agrícola intensivo que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas. (Glinski y Lipiec. 1990)

Los principales factores en la actividad agrícola que tienen incidencia en la compactación son:

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

Su principal consecuencia es la modificación de la porosidad. A medida que se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil. La infiltración también se ve afectada ya que disminuye la permeabilidad de la capa compactada. Si esta

compactación se produce en la capa superficial se producirá un incremento de la escorrentía y de la erosión, y si la capa compactada está a una cierta profundidad aparecerán problemas de encharcamiento al disminuir la velocidad de infiltración. La mayor escorrentía y la menor tasa de infiltración hacen que una parte del agua caída no pase a las capas inferiores del suelo, por lo que cuando el suelo se encuentra compactándola reserva de agua es mucho menor. (Balbuena, Botta, Draghi, Rosatto y Dagostino)

De los tres factores principales que tienen incidencia en la compactación de suelos habría que prestarle mayor atención a la compactación producida por el uso de maquinaria agrícola. Las grandes superficies cultivadas llevaron a los productores y fabricantes de maquinarias agrícolas a tener la necesidad de usar máquinas cada vez más grandes y de mayor capacidad de trabajo, sin prestarle atención a la mayor presión que ejercen los neumáticos en los sitios de los lotes en que estos implementos se usan.

1.2.1 Origen de la Compactación

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en:

- . Implementos de labranza del suelo.
- . Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- . Pisoteo de animales.

En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de intensivo uso agrícola que este fenómeno se acelera

y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas. (abcAgro)

1.2.2 Efectos de la Compactación del Suelo

La compactación del suelo produce un aumento en su densidad (densidad aparente), aumenta su resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo. Los efectos que la compactación produce, se traducen en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundará en una menor producción. De los factores mencionados, son dos los que van a tener un efecto directo sobre el crecimiento de las raíces de estos son:

- . Aumento de la resistencia mecánica del suelo.
- . Disminución de la macroporosidad del suelo.

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación se va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en figuras del suelo con una escasa exploración del volumen total del suelo. (abcAgro)

La disminución de la macroporosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del suelo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se agrava cuando se riega en forma excesiva, llegando a producirse la muerte de las

raíces por asfixia. Esto debido a que los escasos macroporos que pueden airear el suelo van a permanecer llenos de agua gran parte del tiempo.

1.2.3 Impacto de la Compactación del Suelo

Podemos decir que la estructura de suelo ideal se compone de un 50% del suelo, 25% de espacio de agua y 25% del espacio con aire. La compactación del suelo modifica estas proporciones produciendo un aumento en su densidad (densidad aparente), aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y debilitando su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macro porosidad (porosidad de aireación) del suelo. La compactación del suelo provoca la pérdida de rendimiento en la producción de cultivos mediante la restricción de crecimiento de las raíces y la reducción de la circulación del aire y el agua en el suelo. (Glinski y Lipiec. 1990)

Las raíces necesitan agua y oxígeno para poder desarrollarse, y además debe existir un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo por el que puedan ir creciendo. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz en su crecimiento es el impedimento mecánico que puede deberse tanto a la presencia de rocas u horizontes muy pedregosos a poca profundidad, como a la presencia de capas de suelo endurecidas o compactadas, en las cuales la densidad es alta y existen pocos espacios entre las partículas. Debemos tener en cuenta que, aunque las raíces son capaces de penetrar por grietas y poros muy pequeños, las paredes de éstos deben ser capaces de ceder ante la presión ejercida por éstas. Conforme va aumentando la densidad del suelo el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo va siendo afectado, pudiendo verse totalmente impedido si la compactación es excesiva.

Los factores que van a tener un efecto directo sobre el crecimiento de las raíces son:

-Aumento de la resistencia mecánica del suelo.

- Disminución de la macroporosidad del suelo.

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total. La disminución de la macroporosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del mismo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se puede agravar si se riega en forma excesiva, llegando a provocar la muerte de las raíces por asfixia.

Esto es debido a que los escasos macroporos que pueden airear el suelo van a permanecer llenos de agua gran parte del tiempo. El resultado final de la compactación del suelo es un menor potencial de rendimiento en la producción de cultivos. La pérdida de rendimiento puede variar ampliamente dependiendo de la extensión de la compactación del suelo y las condiciones ambientales que afectan al cultivo durante su desarrollo. Condiciones de crecimiento favorables, tales como precipitaciones en tiempo y una óptima fertilidad, pueden minimizar los efectos de la compactación. Una compactación severa puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 60%, sin embargo, se estima que en promedio la compactación reduce el potencial de rendimiento entre un 10 a 20%.

1.2.4 Compactación potencial

Los suelos que tienen una humedad por encima de la capacidad de campo, tienen un mayor potencial para la compactación. El agua actúa como lubricante entre las partículas del suelo, lo que permite que éstas sean colocadas unas al lado de otras. A medida que más espacio de aire se sustituye por agua, el potencial de compactación va en aumento. Hay un punto, sin embargo, cuando la mayor parte del espacio aéreo se llena de agua (cerca de la saturación) que el potencial de compactación de un suelo disminuye. Por lo tanto, un suelo muy mojado tiene menos potencial de compactación que un suelo moderadamente húmedo. (Glinski y Lipiec. 1990)

La textura del suelo (% de arena, limo y arcilla en un suelo) tiene, en cierta medida, un efecto sobre la compactación. Los suelos que contienen partículas de igual tamaño tienen un menor potencial de compactación que los suelos que tienen partículas de diferentes tamaños. Las partículas más pequeñas pueden llenar los espacios entre partículas de mayor tamaño, lo que aumenta la densidad del suelo. Un suelo franco arenoso es el más susceptible a la compactación, mientras que las arenas puras, arcillas, limos, son los menos susceptibles.

La estructura del suelo también juega un papel en el potencial de compactación. Esta se define como comportamiento de un suelo cuando se rompe en pequeños grupos de cohesión. La materia orgánica mejora la estructura del suelo mediante la creación de los agregados del suelo (se deshacen fácilmente). Suelos con mayores niveles de materia orgánica, en general, tienen una mejor estructura del suelo y resisten mejor la compactación.

1.2.5 Síntomas y Detección de la Compactación del Suelo

Dado que la compactación del suelo afecta el crecimiento de las raíces, los síntomas por encima del suelo pueden tomar muchas formas. Los signos de compactación pueden incluir:

-Plantas de menor tamaño, achaparradas y de escaso crecimiento en forma aislada o pequeños grupos de plantas con esta sintomatología rodeadas de plantas normales. El marchitamiento de las plantas en ciertas áreas de un campo puede ser señal de compactación. Esto puede deberse a que los sistemas radiculares poco profundos no permiten absorber la humedad en el subsuelo

- Patrones visibles de parches o rodales de plantas achaparradas dentro del cultivo

-Malformación en el crecimiento de las raíces, incluye raíces planas, cortas, delgadas y torcidas. Las raíces que crecen en un suelo con compactación su superficial pueden crecer más de manera horizontal que vertical y tener un sistema radicular poco profundo.

-El crecimiento por encima del suelo está directamente relacionado con el crecimiento de la raíz debajo del suelo. Si el crecimiento de raíces se ve perjudicado, el crecimiento vegetativo por encima del suelo es probable que se afecte.

- Falta de nutrientes en los cultivos puede ser otro signo de la compactación. Ya que las raíces son las vías para que los nutrientes del suelo lleguen al cultivo, las restricciones a las raíces pueden reducir la interceptación de estas a los nutrientes en el suelo. Deficiencias de fósforo, potasio y nitrógeno, pueden ser síntomas secundarios de la compactación del suelo.

-Agua en superficie o erosión causada por el agua, pueden deberse a una compactación del suelo. Al reducirse el espacio de los poros del suelo, entonces el agua no es absorbida con la misma facilidad. (Boletín Técnico Pioneer)

1.2.6 Disminución de la Compactación del Suelo

La compactación del suelo es un fenómeno difícil de corregir y de un elevado costo. Por lo tanto, hay que tomar las medidas necesarias para que este fenómeno no ocurra o bien se controle, de manera que no llegue a niveles que limiten el potencial productivo de la especie cultivada. También debe tenerse en consideración que si bien el problema puede ser aliviado con algunas medidas de corrección, existe el riesgo de re compactar el suelo y el lote puede quedar en un nivel de mayor degradación aún. Por lo tanto, luego de aliviada la compactación, es necesario realizar prácticas de manejo de suelos que eviten que este fenómeno se vuelva a producir en forma intensa.

La mejor estrategia para minimizar la compactación es evitar trabajar los suelos húmedos, especialmente en las estaciones de mayor precipitación. La eliminación de toda la compactación del suelo, sin embargo, es casi imposible. Estos son algunos consejos para reducir la compactación de los suelos:

- Controlar el tráfico de rodados. Las investigaciones muestran que el 80% de la compactación por rodados se produce en la primera pasada, por lo que se deberían limitar las pasadas a través del lote y usar el mismo patrón de tráfico siempre que sea posible.

- Aumentar la superficie del neumático en contacto con el suelo mediante el uso de neumáticos dobles, neumáticos de mayor diámetro, neumáticos radiales, o disminuyendo su presión de inflado. Esto puede aumentar el potencial de compactación de la superficie, pero reduce la compactación del suelo en profundidad, que es lo más difícil de solucionar

- En siembras convencionales se deberían alterar las profundidades de la labranza para evitar efectos aditivos y el piso de arado. . (Boletín Técnico Pioneer)

1.2.7 Manejo de la Compactación del Suelo

Si la compactación que existe en un lote es superficial se puede solucionar relativamente fácil con roturación del suelo en los primeros 5 cm. usando rodillos aireados o rastras rotativas.

Si la compactación es en profundidad se deben realizar roturaciones hasta por lo menos 40 cm. de profundidad usando principalmente escarificadores o subsoladores con los que se va rompiendo la capa endurecida para permitir la infiltración del agua y el paso de las raíces a través de los agrietamientos producidos. Hoy en día las dos compactaciones por debajo de la profundidad normal del arado son difíciles de resolver y de alto costo económico. Antes de utilizar el subsolador se debe identificar a qué profundidad está la compactación y pasarlo 5 a 10 cm. Por debajo de la misma, y con el suelo lo suficientemente seco. Si se hace un subsolado cuando el lote tiene la humedad del Suelo a capacidad de campo se puede crear más compactación en vez de eliminarla.

El subsolador es la herramienta que utilizada convenientemente afloja el suelo y va soltando las capas compactadas, levantándolas y disgregándolas, formándose una red de macroporos interconectados, algunos de los cuales van desde el subsuelo suelto hasta la superficie, actuando Como vías para la penetración de raíces y el flujo de agua y aire. Los subsoladores normalmente trabajan a profundidades de 30-70 cm.

El subsolado es una labor de elevado costo y por lo tanto debe hacerse sólo cuando las características del suelo lo justifican. Por lo tanto, antes de tomar la decisión de hacer esta labor debe estudiarse con detención el perfil del suelo, determinando la presencia de estratos de suelo compactados, analizando su ubicación y distribución espacial en el lote.

- Numerosos Investigadores y Técnicos opinan que la escarificación no es compatible con la siembra directa (SD): indican que en un sistema de producción sin remoción de suelo y con la adecuada rotación de cultivos no hay compactación excepto en las huellas que puedan generarse por el paso de los carros graneleros y las cosechadoras. A su vez, afirman que para reducir la compactación se debe recurrir a la utilización de recursos biológicos que estén orientados a mejorar la porosidad y estabilidad de los agregados del suelo. Al generar cubierta vegetal (por cultivos de rotación ó praderas permanentes) se incorpora materia orgánica al suelo a través de la parte aérea y de las raíces de las plantas. En este sentido, se debe considerar la inclusión de especies de arraigamiento profundo para que las raíces lleguen y penetren el subsuelo compactado, favoreciendo la estructuración del suelo y la formación de macro poros más estables que aquellos que se pueden generar mecánicamente.

Esta práctica tiene un mayor efecto a largo plazo que las medidas anteriores, por lo que se la considera también como un manejo preventivo. Finalmente, estos técnicos afirman que la labor de escarificado aumenta los costos comparado con una SD continua y no aporta una solución de largo plazo. . (Boletín Técnico Pioneer)

1.2.8 Prevención de la Compactación del Suelo

La compactación del suelo es un fenómeno difícil de corregir y de un elevado costo. Por lo tanto, hay que tomar las medidas necesarias para que este fenómeno no ocurra o bien se mitigue, de manera que no llegue a niveles que limiten el potencial productivo de la especie cultivada. También debe tenerse en consideración que si bien el problema puede ser aliviado con algunas medidas de corrección, existe el riesgo de re compactan el suelo y el recurso suelo puede quedar en un nivel de mayor degradación. Por lo tanto, luego de aliviada la compactación, es necesaria prácticas de manejo de suelos que eviten que este, fenómeno se vuelva a producir en forma intensa.

A continuación se presentan los factores que van a incidir en el proceso de compactación del suelo y que deben tenerse en consideración al momento de comprar o arrendar maquinaria agrícola y al programar o realizar las labores agrícolas: (abcAgro)

1.2.8.1. Factores Relacionados con la Maquinaria

-Peso de la maquinaria: a mayor peso de la maquinaria mayor posibilidad de compactar el suelo y mayor profundidad puede alcanzar la compactación.

-Distribución del peso de la maquinaria: si el peso de la maquinaria es desuniforme, por ejemplo mayor peso en ruedas traseras, la presión ejercida por éstas sobre el suelo será mayor.

-Ancho de los neumáticos: si el peso de la maquinaria se distribuye en un área mayor (neumáticos más anchos), la presión sobre el suelo será menor que en el caso de usar neumáticos más angostos.

-Presión de inflado de los neumáticos: mientras más inflados los neumáticos, menor es el área del neumático que entra en contacto con el suelo y mayor es la presión sobre el suelo. Por lo tanto, se recomienda hacer las labores con presiones de inflado bajo.

-Patinaje de las ruedas: en la medida que estos fenómenos se produzcan, el esfuerzo producido sobre el suelo es mayor. Se sugiere realizar el trabajo evitando el patinaje y zapateo de los neumáticos.

-Velocidad de trabajo: cuando la presión sobre el suelo es mantenida por un mayor tiempo el fenómeno de compactación tiene una mayor posibilidad de producirse, por lo que sería adecuado realizar las labores a una velocidad lo más alta posible.

-Número de pasadas de la maquinaria: a mayor número de pasadas, mayor es la compactación que se produce en el suelo.

-Profundidad de trabajo del implemento de laboreo de suelos: el extremo inferior de cualquier implemento de laboreo de suelos va a ejercer un esfuerzo vertical sobre el suelo, por lo que la mantención de una misma profundidad de laboreo va a producir la compactación del suelo bajo esta profundidad (pie de arado), por lo que es recomendable variar la profundidad de las labores.

1.2.8.2 Factores Relacionados con el Suelo

-Características físicas y propiedades mecánicas del suelo (textura, tipo y estabilidad de la estructura, densidad aparente, carga histórica, resistencia a la deformación).

-Contenido de humedad del suelo: a mayor contenido de humedad, el suelo puede deformarse y compactarse con menores presiones recibidas. Por lo tanto, las labores deben realizarse con el suelo lo más seco posible.

1.2.8.3 Medidas que Pueden Ayudar a Evitar el Problema

Para abordar el problema de la compactación se pueden tomar medidas correctivas, como en el caso del subsolado, y medidas de tipo complementaria, que no modifican rápidamente la condición actual del suelo pero que ayudan a mejorar el comportamiento del cultivo o bien tiene un efecto en el suelo a un mediano o largo plazo. A continuación se analizan brevemente algunas de estas medidas.

1.2.8.3.1 Subsulado

La práctica del subsulado consiste en soltar el suelo bajo la profundidad normal de cultivo, usando un arado de uno o más brazos rígidos, con el objetivo de romper capas de suelos compactadas. Los subsoladores normalmente trabajan a profundidades de 30-70 cm. Existe también la alternativa de usar algún tipo de arado de vertedera, teniendo en consideración que la capacidad de profundizar es menor y tiene mayores requerimientos de potencia.

Cuando el subsolador pasa por el suelo va soltando las capas compactadas, levantándolas y disgregándolas, formándose una red de macroporo interconectados. Algunos de los cuales van desde el subsuelo suelto hasta la superficie, actuando como vías para la penetración de raíces y en el flujo de agua y aire.

El subsulado es una labor de elevado costo y, por lo tanto debe hacerse sólo cuando las características del suelo lo justifican. Por lo tanto antes de tomar la decisión de hacer esta labor, debe estudiarse con detención el perfil del suelo, determinando la presencia de estratos de suelo compactadas, analizando su ubicación y distribución espacial en el potrero.

Una vez tomada la decisión de hacer un trabajo de subsulado, ha de elegirse el subsolador y el tractor adecuados para las condiciones de trabajo locales, revisándose, por medio de calicatas, la profundidad y ancho de la labor en el suelo en varias labores de prueba, ajustando también la distancia entre cada pasada. Es muy importante tener en consideración el contenido de humedad del suelo, ya que la labor debe hacerse con el suelo lo suficientemente seco como para que se quiebre y disgregue, de lo contrario (suelo muy húmedo) el subsolador va a pasar haciendo sólo un corte vertical en el suelo. En el caso de uso de un arado de vertedera, la labor debe

hacerse con un contenido de humedad mayor de forma que el suelo se encuentre en un estado friable (fácil de trabajar y disgregar). (abc Agro)

1.2.8.3.2 Uso de Acondicionadores Físicos

La incorporación de materiales que actúen como acondicionadores físicos de suelo en profundidad va a permitir mejorar y mantener una mejor condición para el desarrollo de las raíces en el subsuelo.

Esta labor consiste en localizar el material (guanos, aserrín, viruta, restos de poda trozados, lodos de aguas servidas, compost, desechos orgánicos animales y vegetales diferentes, etc.) en hoyos o zanjas, a la profundidad del estrato de suelos compactada. Es una labor de alto costo y muy localizada que se puede justificar en el caso de que el subsolado puede no ser una buena alternativa, como por ejemplo en el caso de plantaciones frutales establecidas, donde se dificulta el trabajo de tractores de gran potencia. (abcAgro)

1.2.8.3.3 Camellones

En el caso de platines frutales también es posible agregar el suelo de la entre hilera sobre la hilera de plantación, formando un lomo o camellón de suelo suelto donde las raíces encontraran mejores condiciones para su desarrollo. Con suelo acondicionado la profundidad de suelo aprovechable aumenta (En hilera de plantación), contrarrestando en parte el efecto negativo de la presencia de un extracto compactado en profundidad.

Es recomendable combinar el uso de camellones con un "mulch" orgánico o plástico con el objetivo de reducir la evaporación del agua desde el camellón, manteniendo un adecuado nivel de humedad en el suelo y lograr de este modo una mejor distribución de las raíces dentro del camellón. (abcAgro). La reacción de las plantas a esta labor

va a depender de la especie frutal, por lo que hay que estudiar esta alternativa para cada situación en particular, tomando en consideración: especie frutal, sensibilidad a enfermedades del cuello de la planta, distancia entre hileras, ancho de trabajo de la maquinaria, entorpecimiento de labores normales de manejo y método de riego, ya que se adapta principalmente al riego localizado (goteo, microaspersión).

1.2.8.3.4 Cubiertas Vegetales

Esta práctica consiste en mantener una cubierta vegetal de especies con diferentes sistemas radiculares en superficies que permanecen sin vegetación, en forma permanente o en algunos períodos del año. El objetivo de esta cubierta vegetal es la de incorporar materia orgánica al suelo a través de la parte aérea y de las raíces de las plantas. En este sentido se prefiere utilizar especies de enrrasamiento profundo para que las raíces lleguen y penetren el subsuelo compactado, favoreciendo la formación de macroporos y la estructuración del suelo. Las cubiertas vegetales pueden establecerse en huertos frutales, entre las hileras de plantación o en toda la superficie, durante el período otoño-invierno (cubiertas vegetales invernales), incorporándose en forma mecánica o química en la primavera. En general se usan especies rústicas, de fácil establecimiento, de semilla de bajo precio, de fácil incorporación y que no vayan a interferir con el frutal o el cultivo que le sigue (huésped de plagas o enfermedades, efectos alelopáticos). Esta práctica tiene efecto en un mayor plazo que las medidas anteriores, por lo que se le considera también como un manejo preventivo. (abcAgro)

1.3. PERFIL DE PENETROMETRÍA

El perfil de Penetrometría describe la resistencia a la penetración que manifiestan los suelos expresada en PSI/cm² para cada centímetro del perfil completo a medida que el penetrometro desciende por el perfil brindado datos a diferentes profundidades. (Rodríguez, 2009)

1.4 PERFIL DE ARADURA

Perfil cultural (PC) es el conjunto constituido por la sucesión de las capas de tierra individualizadas por la inversión de los implementos de labranza, el comportamiento de las raíces vegetales y la influencia de los factores naturales (clima). es una

herramienta para elaborar diagnósticos y pronósticos del sistema suelo-planta , útil para la toma de decisiones productivas. (Sosa, 2010)

El método del perfil cultural permite por una parte, dilucidar el origen del estado del perfil y realizar un diagnóstico sobre los efectos de distintos sistemas de cultivo y por otra caracterizar estado físico para estudiar su efecto sobre el funcionamiento del cultivo. (Manichon, 1987)

Es una excelente herramienta para un mejor entendimiento de las modificaciones del suelo bajo cultivo en el estudio de las relaciones suelo-maquina-planta-clima principalmente cuando está completamente con otras medidas físicas. (Batista, 1993)

1.4. PERFIL DE CRECIMIENTO RADICULAR

El perfil de crecimiento radicular, es la proliferación y desarrollo de las raíces de los cultivos obre el perfil de suelo, donde se pueden identificar el comportamiento radicular de los cultivos a diferentes profundidades del perfil; permitiendo conocer o identificar barreras que dificulten el crecimiento radicular e identificar problemas físicos que distorsionan el comportamiento de las raíces. (Avilan, 1979)

1.5 LÍMITES DE ATTERBERG

Los límites de Atterberg o límites de coincidencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de esto es debido al científico sueco Alber Mauristz Atterberg. (1846-1916)

Los límites dan información sobre el comportamiento de los suelos, en respuesta a fuerzas aplicadas por tránsito de maquinarias y realización de labranzas. El LP representa el contenido de agua por encima del cual las arcillas tienen plasticidad y

son susceptibles a una degradación estructural por reacomodamiento de partículas (Busters, 1994).

El Límite plástico indica la humedad por encima del cual no debe ser laboreado debido a riesgos de compactación, ya que este límite indica la franja de plasticidad, es decir donde ocurren deformaciones plásticas no recuperables (Hillel,1982).

El Índice de plasticidad determina el rango de humedad en el que el suelo es plástico y tiene los mayores riesgos para manipular con equipos de labranza o cultivos, por los posibles efectos de compactación y sellado de la superficie según PláSenti (1972) cuando el índice se encuentra entre 5 - 10 % de humedad los suelos tienen moderada plasticidad y para Gaucher (1971) el índice de plasticidad varía entre un valor de 4% para un suelo arenoso hasta un 25% para un suelo arcilloso.

En el espesor superficial el límite líquido o límite superior de plasticidad según los límites de Atterberg, tienen un contenido de agua más alto en el sistema natural que en los suelos puestos en la producción de cultivos, en la serie Tizón. Con relación al sistema natural, el contenido de humedad en LL disminuye un 15,12 % en la secuencia maíz-soja realizada en labranza cero y un 23,14 % en el suelo con monocultivo algodónero y más de treinta años de labranza convencional (Gutiérrez, 2002)

Los límites de Atterberg proporcionan información para el manejo de equipos agrícolas, procesos de compactación y la labranza convencional y conservación.

1.5.1 Límite Líquido (LL)

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado con un instrumento de laboratorio llamado cuchara de casa grande. En que una mezcla de suelo, capaz de ser moldeada, se deposita en cuchara de casa grande, y se golpea

consecutivamente contra lavase de la maquina haciendo girar la niveladora. Hasta que la zanja que previamente se recortado. Se cierra en una longitud de 12 mm (1/22”) si el número de golpes para que se cierre en la longitud de 12 mm exactamente con 25 golpes. Existen dos métodos para determinar el límite líquido. Trazar una gráfica con el número de golpes en coordenadas logarítmicas, contra el contenido de humedad correspondiente, en coordenadas normales, e interpolar para la humedad obtenida es el límite líquido -según el método puntual, multiplicar por un factor (que depende del número de golpes) la humedad obtenida y obtener el límite líquido como el resultado de tal multiplicación. (Gutiérrez et al. 2002)

1.5.2 Límite Plástico (LP)

Esta propiedad al igual que el límite líquido se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado pero sencillo consiste en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo. Con un diámetro de 3mm. Para esto se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio) hasta conseguir un cilindro de 3mm de diámetro. Al llegar a este diámetro, se desarma el cilindro, y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente un cilindro de 3mm. esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener un cilindro de la dimensión deseada. (Pérdida de humedad) o se vuelve pulverulento .se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al límite plástico .Se recomienda realizar este procedimiento al menos 3 veces para disminuir los errores de interpretación o medición o medición. El índice de plasticidad se expresa con el porcentaje del peso en seco de la muestra de suelo, e indica el tamaño del intervalo de variación de contenido con el cual el suelo se mantiene plástico. (Gutiérrez et al. 2002)

Valores Típicos De Consistencia Del Suelo				
Parámetro		Tipo de suelo		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite Líquido	15-20	30-40	40-150
LP	Límite Líquido	15-20	20-25	25-50
LR	Límite de Retracción	12-18	14-25	8-35
IP	Índice de Plastidad	0-3	10-15	10-100

1.6 DENSIDAD APARENTE

La **densidad aparente** se define como la masa de suelo por unidad de volumen (gr/cm^3 o t. m^3). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller y Hakansson, 2010).

Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expanden tés (Taboada y Álvarez, 2008).

1.7. DENSIDAD REAL O DENSIDAD DE PARTÍCULAS

Como su nombre lo indica se refiere a la densidad de las partículas sólidas tomadas colectivamente. Y se expresa como la relación entre la masa total de las partículas sólidas y el volumen que ocupan, excluyendo los espacios porosos que hay entre las partículas (gr/cm^3)

1.8. POROSIDAD

La porosidad se define como el espacio en el suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentaje (%). Se define tan bien como la porción de suelo que está ocupada por aire y / o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica (Donoso, 1992)

1.9. INFILTRACIÓN

Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min.

La cantidad de agua que se infiltra en el suelo es en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua del suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en el. Esta es afectada por: la textura, estructura, contenido de materia orgánica, profundidad del suelo, humedad en el suelo, Temperatura en el suelo, densidad aparente, porosidad, etc. (Cisneros, 2003)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA

2.1.1. Localización y Extensión

El Centro Experimental Coimata, área de estudio, perteneciente a la institución SEDAG de Tarija (Fig. 1) se ubica en la comunidad de Coimata, Provincia Méndez del departamento de Tarija a 5 kilómetros de la ciudad capital de Tarija; sus coordenadas geográficas son:

21°29'58.96'' de Latitud Sud

64°47'22.31'' Longitud Oeste

Con una altitud de 2027 m.s.n.m.

El área estudiada abarca aproximadamente una superficie de 8,2 hectáreas.

Figura 1 Mapa de ubicación Del Centro Experimental Coimata



2.1.2 Geología y Geomorfología

Las estructuras geológicas de la zona en estudio está conformada por antiguas terrazas de depósitos Fluvio lacustres del Cuaternario conformado por arenas, limos y arcillas, en algunas partes existe la presencia de fragmentos pedregosos.

Presenta la unidad geomorfológica Terraza aluvial, se caracterizan por tener un relieve plano o casi plano, con material reciente de granulometría media a fina; arcillas aluviales.

2.1.3 Clima

La zona de estudio cuenta con una estación meteorológica y el registro de sus propios datos climáticos; registrados por el SENHAMI.

Los factores meteorológicos de mayor importancia se muestran a continuación:

2.1.3.1 Precipitación

El clima de la zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 703.5 mm/año, mayormente concentrada en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, siendo el mes más lluvioso enero con 155.8 mm y el mes más seco junio con 0.5 mm de precipitación.

2.1.3.2 Temperatura

La temperatura media anual es de 17.2°C; los meses más calientes son diciembre y enero con 19.8°C de temperatura media y el mes más frío es julio con 13.4°C.

La diferencia de temperatura entre la media de verano (19.6°C) menos la media de invierno (13.9°C), es de 5.6°C

2.1.4 Fauna De La Zona

La fauna que existe en esta zona de estudio es la siguiente:

- Ganado bovino
- Ganado ovino
- Aves

2.1.5 Vegetación

La vegetación es similar al del Valle de Tarija con vegetación nativa en las partes bajas; se encuentra asociada de otras especies nativas de la zona como ser pastizales naturales.

2.1.5.1 Vegetación Nativa

Cuad.ro N° 1

Nombre común	Familia	Nombre científico
Molle	Anacardiaceae	Schinus molle L.
Churqui	Leguminosae	Acacia caven Molina
Jarca	Leguminosae	Acacia visco Lor. Ap. Griseb
Álamo	Salicaceae	Populus sp
Ceibo	Leguminosae	Eritrina sp

2.1.5.2 Vegetación Exótica

Cuadro N° 2

Nombre común	Familia	Nombre científico
Eucalipto blanco	Myrtaceae	Eucaliptos globolus Labill
Eucalipto canelo	Myrtaceae	Eucalipto camaldulensis D.
Pino	Pinaceae	Pinus radiata
Cipres	Cupresaceae	Cupresus macro carpa
Acacia	Leguminosae	Acacia Cyanophylla Lidley

2.1.5.3 . Vegetación Herbácea

Cuadro N° 3

Nombre común	Familia	Nombre científico
Pasto	Poaceae	Paspalun notatun Fluegge
Trébol	Leguminosae	Trifoliun repensis L.
Toro toro	Compositae	Aconthosporun sp
Llantén	Plantaginaceae	Plantago sp.
Comadrita	Compositae	Zinnia peruviana L

2.2. MATERIALES

Para el estudio de suelos, fue necesario el uso de una serie de materiales en sus distintas etapas, los mismos que se escriben a continuación:

Material cartográfico

- Mapa base de ubicación escala 1:3000
- Penetrometro SD 900
- Mapa Fisiográfico de la Estación Coimata escala 1:3000

Material de campo

- Libreta de campo
- Guía para la descripción de perfiles
- Planillas para la descripción de perfiles
- Planilla de infiltración
- Regla con división en cm.
- Flexo métrico
- Tabla Munsell de colores
- Bolsas de polietileno
- Marcadores, lapiceras
- Etiquetas
- Cámara fotográfica
- GPS
- Penetrometro SD 900
- Lupa(x10)
- Botella con agua potable
- Tablero
- Estacas

Herramientas de campo

- Barreno tipo helicoidal
- Cuchillo pedológico
- Martillo
- Pala punto cuadrada
- Pico

- Azadón
- Cilindros doble anillo de infiltración
- Pico
- Valdés con agua para recargas

Material de laboratorio

- Ranurador
- Cuchara de casa grande
- Espátulas
- Tabla de vidrio
- Estufa (secador)
- Balanza (precisión 0,1 gr)
- Vasos de vidrio
- Matraz volumétrico de 100 ml
- Embudo mediano
- Latas para llevar las muestras al horno
- Pizeta con agua destilada
- Mortero para moler la muestra
- Tamiz de 40 mm
- Bureta
- pipeta

Material de Gabinete

- Computadora
- Microsoft Excel
- Impresora

2.3. METODOLOGÍA

Para realizar el levantamiento edafológico se utilizó la metodología propuesta por el manual de levantamientos de suelos del USDA.

Se hizo necesaria la elaboración de un esquema de acciones sistemáticas que contemplaron todas las investigaciones necesarias; para tal efecto se realizó diferentes etapas, las mismas se describen a continuación:

2.3.1 Etapa Preparatoria

La fase preparatoria consistió en:

En recolectar toda la información con la que contaba el centro experimental de Coimata misma que consta de toda la información básica del predio como ser; vegetación del lugar, geología, geomorfología, uso actual de las parcelas dentro del predio, vegetación natural y climatología. También se pudo conseguir otras fuentes de información, pero al no contar con material cartográfico actualizado para realizar el estudio se optó por realizar una exploración rápida de campo se observó detalladamente unidades del suelo como ser forma del terreno, relieve, pendiente, gradiente y cobertura del suelo (cultivos establecidos en las parcelas) para así delimitar la zona. Con la ayuda del gabinete del sig se logró capturar la imagen satelital fisiográfica de la Estación Coimata, logrando reconocer la ubicación y límites del predio; contrastando la imagen con lo visto en campo, se tuvo la certeza de delimitar la zona de estudio. Usando el programa de Google Earth; con las coordenadas geográficas obtenidas en el acopio de información cartográfica,

Se elaboró un mapa de ubicación a escala 1:3000; con la ayuda del programa computacional ARC GIS herramienta usada por el gabinete del SIG (Sistema de Información Geográfica) de la U.A.J.M.S.

Con la ayuda del mapa de ubicación se llevó a cabo un análisis fisiográfico de las unidades paisajísticas de la Estación; estructurándose así de esta manera los métodos de mapeo más acordes a la intensidad del estudio.

2.3.2 Etapa De Campo

Esta fase inicio con la exploración rápida de campo de la zona de estudio para así constatar los límites del mapa obtenido ya anteriormente en gabinete.

Al no presentar modificaciones en el mapa; se observo detalladamente unidades del suelo como ser forma del terreno, relieve, pendiente, gradiente, cultivos establecidos, áreas de infraestructura; para así delimitar las zonas a muestrear.

Al determinar las parcelas establecidas con cultivos, las áreas de instalaciones, invernaderos, reservorios de agua o diques, áreas sin cultivar; se decidió iniciar la exploración preliminar de nueve micro calicatas en cada parcela de cultivos establecidos. Las dimensiones usadas fueron de 0,50 x 0,50 x 0,50 m, ancho, largo y profundidad respectivamente; fueron descritas mediante planillas preparadas para este efecto, caracterizadas por ser una versión resumida de la guía para descripción de perfiles de FAO las cuales adjuntamos al final del estudio.

Para tener una idea tentativa de la profundidad de cada micro calicata; se usó un barreno tipo helicoidal.

Con la información recopilada de las microcalicatas, se definió áreas homogéneas y representativas para ubicar los lugares para la apertura de los perfiles modales.

Se identificó cinco perfiles modales o calicatas, con las siguientes dimensiones fueron de 1 m de ancho, 2.50 m de largo y 1.50 m de profundidad; distribuidas en todo el Centro Experimental. Para su descripción se utilizó, planillas de campo en base a la Guía de descripciones de perfiles de la FAO, con la información requerida para ser llenadas a plenitud, estas planillas contemplan información general con relación al sitio y otras características específicas de los suelos.

Al describir cada perfil de suelo se tomó en cuenta aspectos climáticos relevantes para la precisa y clara obtención de datos.

Se tomó muestras de suelo aproximadamente 1 kg, por horizonte, de cada perfil modal; sumando un total de 17 muestras. Las cuales se colocaron en bolsas de

polietileno transparente, claramente rotuladas e identificadas; el proceso fue cuidadoso para no perturbar la muestra con la ayuda de una pala, comenzando por la base del perfil hacia horizontes superiores, esto con la finalidad de no contaminar las muestras correspondientes para la evaluación física (Da, Dp, M.O., Porosidad,) de las propiedades del suelo en el laboratorio.

Para la infiltración

La infiltración se determinó para cada área de suelo a través del método del doble cilindro el cual consiste en instalar en el terreno que se requiere determinar su infiltración, en un sitio característico (previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras, etc.) dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro.

Se coloca una madera de un 1m de largo con espesor de 10cm por 10cm sobre ellos y se golpea hasta que penetren a una profundidad de 10 a 15 cm un por uno. Los cilindros deben estar a nivel. Una vez instalados, se llena de agua el anillo exterior, se vierte agua y se mide el tirante con ayuda de una regla. Entonces empieza la prueba rápidamente midiendo el tirante nuevamente y tomando el tiempo. Las lecturas se hacen a diferentes intervalos, dejando que baje el nivel de agua y volviendo agregar agua cuando se requiera(al hacer esto, al tiempo se le denomina tiempo muerto) Después de una a tres horas, cuando el nivel de agua varíe muy poco o nada, la prueba termina. Se toman los datos para luego procesarlos.

La explicación de usar dos anillos, es la de que el anillo exterior cuando se le vierte agua va a impedir que el agua del anillo interior fluya en sentido horizontal, esto causaría errores en la determinación de la infiltración en la cual se supone el flujo del agua es en sentido vertical.

Cuadro N° 4: Interpretación de la Infiltración Instantánea

Clase	Velocidad de Infiltración (mm/h)	Interpretación
1	< 1	Muy Lenta: Suelo adecuado para el cultivo de Arroz, por la susceptibilidad al encharcamiento superficial. Riesgo de erosión elevado.
2	1 – 5	Lenta: Riesgo de erosión importante. Se pierde una parte considerable del agua de riego. Puede haber falta de aireación en las raíces en condiciones de exceso de humedad.
3	5 – 20	Moderadamente Lenta: Optima para el riego de superficie.
4	20 – 60	Moderada: Adecuada para el riego de superficie.
5	60 – 125	Moderadamente Rápida: Demasiado rápida para el riego de superficie, provoca pérdida de nutrientes por lavado. Baja eficiencia de riego.
6	125 – 250	Rápida: Marginal para riego de superficie.
7	> 250	Muy Rápida: Excesiva para riego de superficie. Característica de suelos arenosos, se requiere riego localizado.

Fuente: USDA, 1977.

Perfil De Aradura Y De Crecimiento Radicular

En cada unidad de suelos del Centro Experimental de Coimata (SEDAG) se abrieron 5 calicatas en el predio, para observar el perfil del suelo identificar la capa arable y los patrones de penetración de las raíces en los diferentes horizontes.

Con los resultados de los indicadores físicos del suelo se realizaron un diagnostico que nos mostró que existe problemas de compactación para formular recomendaciones de medidas correctivas o de conservación del suelo arribándose a las conclusiones y recomendaciones.

Perfil De Penetrometria

Se realizó a través del uso del penetrometro SD-900, se realizaron varias lecturas en cada área pero no se pudo seguir el modelo de zigzag ya que existe demasiada presencia de pedregosidad y resistencia a la penetración se tomó como resultado todos los puntos realizados para los resultados.

2.3.3 Etapa De Laboratorio

Terminado el trabajo de campo, las muestras de suelos obtenidas, fueron secadas al aire, tamizadas y posteriormente llevadas al laboratorio de Suelos y Aguas de Riego del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG), para su respectivo análisis físico químico, las determinaciones requeridas para el estudio se realizaron a través de procedimientos propios de dicha institución, de las cuales mencionamos a continuación:

Cuadro N° 5 Determinaciones Físicas

Textura	Método de Bouyuocos. Hidrómetro
Densidad aparente (Da)	Método de probeta
Densidad de partículas (Dp)	Método de probeta
Capacidad de campo (CC)	
Punto de marchitez permanente (PMP)	

Límite Líquido Y Plástico

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla No 40.

Hay que señalar que los valores del límite líquido obtenidos se han determinado mediante la norma establecida, donde se indica que deben obtenerse mediante dos determinaciones, una comprendida entre 15 y 25 golpes y una segunda entre 25 y 35.

La elección de un solo ensayo de golpeo está justificada por la dificultad de controlar la temperatura de las muestras de suelo a ensayar. Es decir, si procedemos a determinar dos puntos de golpeo, el primero entre 15 y 25 golpes y el segundo entre 25 y 35 golpes, por la norma UNE 103-103-94.

Preparación De La Muestra

Suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla No 40. La porción retenida por este tamiz la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta

Calibración Del Aparato

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido este en buenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el cual gira la capsula no este desgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que los tornillos que conectan la capsula al brazo estén apretados. La calibración mecánica del aparato es una práctica sencilla que no requerirá mayor Conocimiento; bastara con el ajuste de la caída de la capsula en 10 mm. con el mango del acanalador, que frecuentemente cuenta con un cubito metálico destinado a tal fin. Se pondrá el excéntrico en su parte superior y ajustar los tornillos designados. Efectuar los retoques necesarios.

Límite Líquido

Para determinar el límite líquido se utilizó el equipo Casagrande.

Este ensayo se hizo con la muestra secada al aire parte que pasa por la malla 40mm, se colocas 25 ml de agua destilada y se dejó reposar por 24 horas. Al pasar las 24 horas

Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando. Se toman 50 o 60 gr. del material obtenido de acuerdo al punto “preparación de la muestra” y se coloca en la cazuela de bronce del equipo de Casagrande, de modo que la superficie de la muestra, quede paralela a la base del equipo. Antes se verificó que la cápsula de la máquina Casagrande este limpia y seca; Luego se procede a hacer girar la manivela de manera uniforme, para producir los golpes en la cápsula, hasta que el surco se cierre en 13 milímetros de longitud, y se anota el número de golpes. Se toma una muestra del suelo en la zona que se cerró el surco y se pesó inmediatamente con tal de obtener su contenido de humedad.

Este ensayo se realizó varias veces hasta obtener una prueba para cada unidad haciendo un total de 5 pruebas de 15-25 y 5 de 25-35 con un numero de golpes satisfactorio.

Límite Plástico

Se utilizó una porción del material que quedó del ensayo del límite líquido. De esta porción se formó una bolita con la mano con tal de ir disminuyendo su humedad.

Se empezó a amasar la muestra de suelo seleccionada sobre un vidrio con la palma de la mano hasta formar de 3 mm de diámetro, se desarmó el bastoncito y rearmó hasta que se quebró al llegar al diámetro pedido en trozos de 0,5 o 1 cm.

Se pesa inmediatamente el gusanito formado y quebrado para determinar su contenido de humedad. Se repite el proceso para cada unidad.

Para sacar el porcentaje de humedad de cada muestra del límite liquido cálculo médiante la siguiente formula:

$$\%H = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

Para poder usar el método gráfica y poder calcular el %H a los 25 golpes

El Índice de Plasticidad se obtiene haciendo la resta del Límite Líquido y del Límite Plástico. En nuestro caso obtenemos que el Índice de Plasticidad es igual al Límite Líquido. Atterberg encontró que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, denominado índice de plasticidad (*IP*), representaba una medida satisfactoria del grado

de plasticidad de un suelo. Luego sugirió que estos dos límites sirvieran de base en la clasificación de los suelos plásticos. Acorde al valor del índice de plasticidad, distinguió

los siguientes materiales.

- Suelos desmenuzables ($IP < 1$)
- Suelos débilmente plásticos ($1 < IP < 7$)
- Suelos medianamente plásticos ($7 < IP < 15$)
- Suelos altamente plásticos ($IP > 15$)

Todos los límites se expresan en porcentaje de agua contenida sobre suelo seco.

Indicé de plasticidad

$$IP = LL - LP$$

Donde

IP= Índice de plasticidad

LP= Límite plástico

LL= Límite líquido

Porosidad

La porosidad será determinada a partir de la densidad aparente y la densidad de partículas.

Para determinar la porosidad de los suelos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{porosidad} = ((D_p - D_a) / D_p) * 100$$

Donde

D_p = densidad de partículas

D_a = densidad aparente

2.3.4. Etapa De Gabinete

Con los datos de campo y laboratorio que se obtuvieron se procedió a;

Ordenar e interpretar los resultados de los análisis físicos, porosidad, límite líquido y plástico, capa arable y infiltración de cada unidad de suelo para determinar que si existe compactación en los suelos de la Estación experimental de Coimata, de esta manera dar alternativas de corrección y prevención sobre la compactación de los suelos.

Obteniendo información de gran importancia para el manejo agrícola de la Estación, y así dar las conclusiones y recomendaciones finales pertinentes para su uso adecuado.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Evaluación De Las Propiedades Físicas Delos Suelos Del Centro Experimental De Coimata Dependientes Del Sedag

3.1.1. Determinación Perfil De Penetrometria.

Como resultado de los datos levantados con el penetrometro se presenta la siguiente tabla de datos. Estos resultados están en PSI que usan una simbología en ingles que significa pulgadas sobre cm2.

NºDe unidad muestreo	numero	3in.	4in.	5in.	6in.	8in.	9in.	11in.	12in.	14in.
2(margen izquierdo)	N=1			245						
	N=2		210							
	N=3					205				
	N=5					365				
	N=6					230				
	N=7					195				
2(margen derecho)	N=1	215								
3(margen izquierdo)	N=2	242								
3(margen derecho)	N=2								320	
	N=3						300		205	
4	N=2									255
5	N=1							335		

En la unidad 2 la dureza del suelo se debe a que existe pedregosidad si bien se logró introducir el penetrometro pero las respuestas de dureza no son tan elevadas hasta que se encontró piedras cuando se encontró piedras ya no se pudo introducir el penetrometro el problema físico se debe a las piedras

En la siguiente tabla se puede observar que en la zona N° 2 margen izquierdo, N°2 margen derecho y zona N° 3 margen izquierdo los resultados de dureza elevados se deben a la pedregosidad que van desde la pulgada 3 hasta la pulgada 8 siendo el valor más alto 365 PSI que está a una profundidad de 8pulgadas (20,32cm)

En las zona N°3 margen derecho, zona N°4 y N°5 se observan resultados de compactación a partir la pulgada 9 hasta la pulgada 14 con valores que oscilan desde 205PSI hasta 335PSI siendo la zona N° 5 la más dura con un valor de 335PSI presentando un gran problema de dureza esto debido a capas duras que son el resultado posiblemente a pisos de arado.

En la tesis de Daniel Alberto Segovia Cardozo. (Identificación y Evaluación de indicadores de degradación física para el manejo productivo de los suelos del centro experimental de chocloca (cech)) nos indica que a partir de la pulgada 205 hay problemas de compactación lo que nos da a constatar que en las unidades 3,4, 5 de los predios del SEDAG existen problemas de compactación.

En el cuadro también se puede observar que la zona 3 margen derecho y las zonas 4 y 5 hay resultados que pasan los 300 PSI afectando directamente al crecimiento radicular en los cultivos que van desde los 23cm hasta los 30cm siendo variables los niveles de compactación.

En la superficie del suelo de algunas áreas se evidenció valores altos de resistencia a la penetración debido a la presencia de pedregosidad.

Si se observa el cuadro de densidad aparente se puede observar los valores constatando que los datos tomados de penetrometria y Da muestran un grado alto de compactación en los predios del SEDAG.

3.1.2 Perfil de Aradura y Crecimiento Radicular

De acuerdo con la metodología planteada se muestran los resultados del perfil de aradura y del perfil de Crecimiento Radicular.

4.1. Unidad 1

Cuadro N° 6: Características Del Perfil Unidad 1

Unidad 1		
Dpto: Tarija		Comunidad: Coimata (Sedag)
Fecha: 10/05/17		Autores: TORREZ N, MARTINES M
Ubicación: Latitud 21°30.083`		Longitud 064° 47.464`
Paisaje: terraza –aluvial		Posición del paisaje: en la cima parte media
Vegetación: arveja		Pendiente:0-1
		Erosión: no
Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0 -17	Color pardo en seco (10YR5/3) y pardo oscuro en húmedo (10YR4/3); textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia en seco, muy duro, en húmedo friable, ligeramente adherente, plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares , muy finos; raíces comunes, finas; fragmentos gruesos de 1 – 2 %; límite de horizonte plano, suave y claro; pH = 6,13
Bt	17 – 63	Color pardo amarillento claro en seco (10YR6/4) y color pardo en húmedo (10YR4/6); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco muy duro, en húmedo firme, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubular, muy finos; pocas raíces finas; fragmentos gruesos de 1 – 2 %; límite de horizonte suave abrupto; pH = 7,37
BC	63 – 150	Color pardo en seco (10YR5/3) y pardo oscuro en húmedo (10YR4/3); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados a masivo; consistencia en seco, extremadamente duro, en húmedo friable, adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad alta, tubular, medios a finos; muchas raíces finas; Fragmentos gruesos 1 – 2 %; límite de horizonte suave abrupto; pH 8,00

La capa arable es de 20cm; alta pedregosidad en la superficie. se evidencia raíces anormales, plantas débiles con manchones de plantas con clorosis, deformaciones en raíces en el cultivo de arveja, y tendencia a crecimiento horizontal, agrietamientos y aterronamientos evidentes.

4.2. Unidad 2

Cuadro N° 7: Características del perfil unidad 2

Características		
Dpto: Tarija		Comunidad: Coimata (Sedag)
Fecha: 05/05/17		Autores: TORREZ N, MARTINES M
Ubicación: Latitud 21° 30.046`		Longitud 064° 47.406`
Paisaje: terraza –aluvial		Posición del paisaje: En la cima parte media
Vegetación: maíz y morrón		Pendiente: 1
		Erosión: no
Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0 – 18	Color pardo en seco (10YR4/3) y pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, adherente y plástico; no calcáreo; porosidad alta, tubulares ,muy finos; raíces comunes, finas; muy pocos fragmentos gruesos de 1 – 2 % ; límite de horizonte gradual, suave; pH = 6,25
Bt	18 – 49	Color pardo en seco (10YR4/3) y pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, duro, en húmedo firme, muy adherente y muy plástico; no calcáreo; porosidad alta, tubulares , finos y gruesos; raíces comunes, finas a medias; muy pocos fragmentos gruesos de 1 – 2 % ; límite de horizonte claro, suave; pH = 6,30
BC	49 – 74	Color pardo grisáceo muy oscuro en seco (10YR3/2) y pardo oscuro en húmedo (10YR2/2); textura arcillosa; estructura columnar grueso y moderado; consistencia en seco, muy duro, en húmedo muy firme, muy adherente y muy plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares ,finos; muchas raíces, medias a gruesas; pocos fragmentos gruesos de 3–5 % pedregoso; límite de horizonte claro, suave; pH = 6,84
IC	74 – 98	Estructura masiva; no se observa raíces; abundantes fragmentos gruesos de 60 – 80%

La capa arable es de 0-17cm desde la superficie, se presentan agrietamientos, en la superficie; Se observó que el cultivo de orégano muestra sus raíces no muy profundas alcanzando los primeros 15 cm; Algunas raíces de durazno crecen de manera horizontal pero no se encuentran deformadas ni aplanadas; Segundo horizonte endurecido

4.3 Unidad 3

Cuadro N° 8: Características de la unidad 3

Unidad 3		
Dpto: Tarija		Comunidad: Coimata (Sedag)
Fecha: 04/05/17		Autores: Torrez N, Martines M
Ubicación: latitud 21° 29.983` Longitud 064° 47.409` Altura: 2.025 m.s.n.m		
Paisaje: : terraza –aluvial		Posición del paisaje: : En la cima parte media
Vegetación: orégano		Pendiente: Erosión.
Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0 – 17	Color pardo amarillento en seco (10YR5/4) y pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); textura franco arcillosa; estructura bloques subangulares, medios y moderados; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad alta, tubulares ,muy finos; frecuentes raíces, muy finas; límite de horizonte claro, suave; pH = 6,60
Btk	17 – 58	Color pardo en húmedo (10YR3/5); textura muy arcilloso; estructura columnar grueso y fuerte; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, muy duro, en húmedo muy firme, muy adherente y muy plástico; fuertemente calcáreo; porosidad baja, tubulares, muy finos; pocas raíces, muy finas; límite de horizonte claro, suave; pH = 7,55
BCK	58 – 120	Color pardo en húmedo (10YR3/4); textura muy arcilloso; estructura prismático a masivo; tiene algo de cutanes de arcilla (argilanes) que recubren los peds; consistencia en seco duro, en húmedo firme, adherente y plástico; fuertemente calcáreo; porosidad baja, tubulares, intersticiales, finos; no se observa raíces; límite de horizonte claro, suave; pH = 7,89

La capa arable es de 0-17cm desde la superficie, se presentan agrietamientos, en la superficie; Se observó que el cultivo de orégano muestra sus raíces no muy profundas alcanzando los primeros 15 cm; Algunas raíces de durazno crecen de manera horizontal pero no se encuentran deformadas ni aplanadas; Segundo horizonte endurecido

4.4 Unidad 4

Cuadro N° 9: Características de la Unidad 4

Unidad 4		
Dpto: Tarija		Comunidad: Coimata (Sedag)
Fecha: 09/05/17		Autores: Torrez N, Martines M
Ubicación: latitud 21°29.902` Longitud 064° 47.314` Altura: 2.017 m.s.n.m		
Paisaje: : terraza –aluvial		Posición del paisaje: : En la cima parte media
Vegetación:		Pendiente:
Erosión.		
Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0 – 30	Color pardo en seco (10YR4/3) y color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares fino y moderado; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares , finos; muchas raíces, muy finas a finas y medias; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,19
ABk	30 – 63	Color pardo en húmedo (10YR2/3); textura arcilloso; estructura bloque subangulares fino y fuerte; consistencia en seco, duro, en húmedo firme, muy adherente y muy plástico; fuertemente calcáreo; porosidad baja, tubulares , finos; raíces comunes, muy finas; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 8,21
Btk	63 – 126	Color pardo en seco (10YR4/3) y color pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR4/2); textura muy arcilloso; estructura bloque subangulares fino y moderado; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, duro, en húmedo friable, adherente y plástico; fuertemente calcáreo; porosidad muy baja, tubulares, muy finos; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 8,26
C1	126 – 150	Color pardo en seco (10YR4/3) y color pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR4/2); textura muy arcilloso; estructura columnar grueso y moderado; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares, finos; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,91

Se evidencio que la capa arable estaba hasta los 0-17cm en esta unidad no había cultivo por lo que no observo las raíces. En el segundo horizonte se observó una especie de pie de arado endurecida.

4.5 Unidad 5

Cuadro N° 10: Características de la Unidad 5

Características		
Dpto: Tarija		Comunidad: Coimata (Sedag)
Fecha: 11/05/17		Autores: Torrez N, Martínez M
uso actual: Mararfalfa		
inundaciones:		
Ubicación: latitud 21°29.887` Longitud 064° 47.263` Altura: 2.020 m.s.n.m		
Paisaje: : terraza –aluvial		Posición del paisaje: : En la cima parte media
Vegetación: Mararfalfa		Pendiente:0-1%
		Erosión.
Horizonte	Profundidad (cm)	Características
Ap	0 – 17	Color pardo grisáceo oscuro en seco (10YR4/2) y color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares medio y fuerte; consistencia en seco, muy duro, en húmedo firme, ligeramente adherente y plástico; no calcáreo; porosidad muy alta, tubulares, muy finos a medios; muchas raíces, muy finas a finas; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 6,82
Bt	17 – 63	Color pardo en húmedo (10YR4/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares medio y moderado; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo muy friable, no adherente y plástico; no calcáreo; porosidad muy alta, tubulares, muy finos a medios; muchas raíces, muy finas a finas; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,52
BC	63 – 117	Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura muy arcilloso; estructura columnar medio y moderado; consistencia en seco, duro, en húmedo muy friable, ligeramente adherente y plástico; no calcáreo; porosidad muy alta, tubulares, muy finos a medios; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,84
C1	117 – 150	Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; textura arcilloso; estructura bloque subangulares medio y débil; consistencia en seco, duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad común, tubulares, finos; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 8,14

La capa arable es 20cm; En esta unidad se observó un gran desarrollo de las raíces llegando a una profundidad 63cm existe un muy buen desarrollo en las raíces de la mararfalfa.

3.1.3 Determinación de los límites de Atterberg (Límite líquido y plástico)

Los límites dan información sobre el comportamiento de los suelos, en respuesta a fuerzas aplicadas por tránsito de maquinarias y realización de labranzas; los resultados se muestran a continuación en las siguientes tablas.

Cuadro N° 11: Resultados Límite Líquido Y Límite Plástico

N° de muestra	Limite liquido %H	Limite plástico %H	Limite liquido promedio en función a la gráfica %H
1	28,3	14,5	La media de las 5 muestras es; 41,9%
2	30,1	15,6	
3	31,9	15,8	
4	26,1	13,6	
5	40,4	17,4	
	X=31,36	X=15,4	

Para obtener los resultados de % humedad se utilizó en método grafico; se realizó graficas en hojas milimetradas para obtener los porcentajes de humedad para cada muestra resultados. Este consiste en realizar una gráfica donde Y es el número de golpes y X el resultado de humedad a los 25 golpes.

Según (Hillel, 1982), el Límite plástico nos indica la humedad del suelo por encima del cual no debe ser laboreado debido a riesgos de compactación, ya que este límite indica la franja de plasticidad, es decir donde ocurren deformaciones plásticas no

recuperables; el índice promedio de plasticidad del predio del Sedag es de 15,9 (arcillas de alta plasticidad)

En el espesor superficial el límite líquido o límite superior de plasticidad según los límites de Atterberg, tienen un contenido de agua más alto en el sistema natural que en los suelos puestos en la producción (Gutierrez et al. 2002)

Cuadro N° 12: Índice de Plasticidad

Nº de muestra por unidad	Índice de plasticidad	Interpretación	Índice de plasticidad promedio en función a la ecuación	interpretación
1	13,8	Arcillas de baja plasticidad	15.9 %	Arcillas de alta plasticidad
2	14,5	Arcillas de baja plasticidad		
3	16,1	Arcillas de baja plasticidad		
4	12,5	Arcillas de baja plasticidad		
5	23	Arcillas de alta plasticidad		

Según Plá Senti (1972) el Índice de plasticidad determina el rango de humedad en el que el suelo es plástico y tiene los mayores riesgos para manipular con equipos de labranza o cultivos, por los posibles efectos de compactación y sellado de la superficie.

Según Atterberg los suelos con un índice de plasticidad con un valor a 7 a 15 los suelos son medianamente plásticos; esto nos da a entender que en los suelos de las 1,2 y 4 son medianamente plásticos; la unidad 3 y 5 son altamente plásticos

3.1.4 Determinación Densidad Aparente, Densidad Real y Porosidad.-

De acuerdo a los objetivos trazados y siguiendo la metodología se han obtenido los siguientes resultados.

Cuadro N° 13: Resultados obtenidos Da (Densidad Aparente), Dp (Densidad de Partículas) y Porosidad

Perfil N°	Horizonte N°	Profundidad (cm)	Da (g/cc)	Dp (g/cc)	Porosidad %	Interpretación de porosidad
1	Ap	0-17	1,44	2,55	43,5	Media
	Bt	17-63	1,33	2,52	47,2	Media
	DC	63-150	1,40	2,59	45,9	Media
2	Ap	0-18	1,32	2,63	49,8	Media
	Bt	18-49	1,38	2,58	46,5	Media
	BC	49-74	1,30	2,53	48,6	Media
3	Ap	0-17	1,37	2,54	46	Media
	Btk	17-58	1,42	2,50	43,2	Media
	BCK	58-120	1,37	2,51	46,2	Media
4	Ap	0-30	1,35	2,55	47	Media
	ABk	30-63	1,39	2,43	42,7	Media
	Btk	63-126	1,31	2,46	43,4	Media
	C1	126-150	1,44	2,59	42,1	Media
5	Ap	0-17	1,36	2,48	45	Media
	Bt	17-63	1,40	2,50	45	Media
	BC	63-117	1,32	2,51	47,4	Media
	C1	117-150	1,25	2,46	49,1	Media

En este cuadro se puede observar los resultados de la Da, Dp y porosidad

Respecto a la porosidad claramente se ve que los porcentajes están 42,1 y 49,8 dando como resulta en la tabla de interpretación como media.

Se puede observar a gran detalle que la Da es muy alta en la mayoría de los horizontes en el primer perfil horizonte (Ap) se puede ver un valor de 1,44 g/cc demostrando un gran problema de compactación ya que es el horizonte donde se realizan los trabajos agrícolas.

En el perfil 2, 3, 4,5 también tienen valores similares al anterior en los primeros horizontes esto demuestra q los suelos tienen serios problemas de compactación, demostrando suelos muy pesados y difíciles de trabajar las capas duras son consecuencia de pisos de arado.

3.1.5 Determinación De La Infiltración.

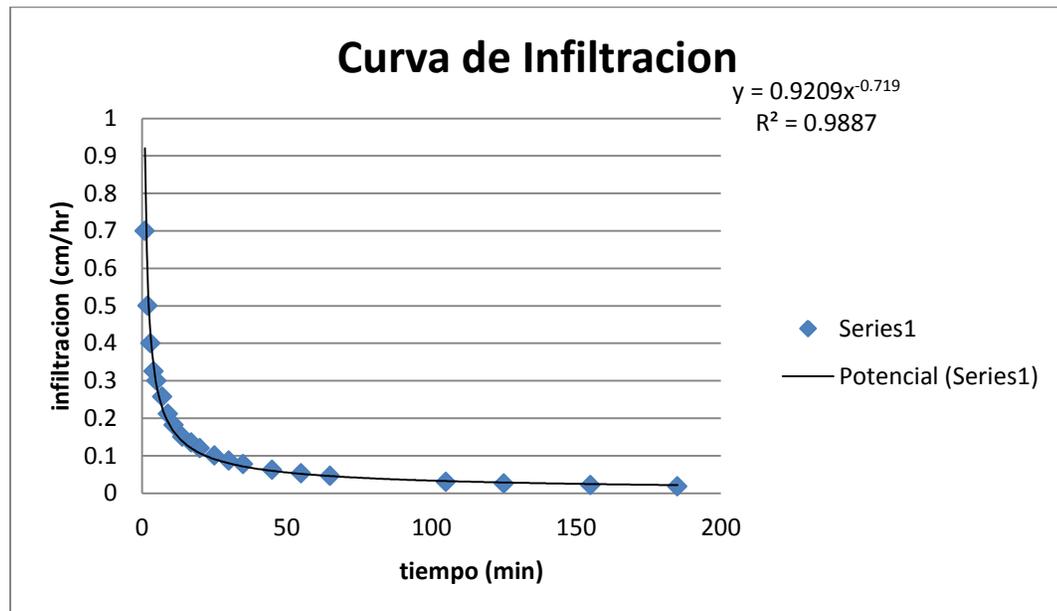
Las pruebas de infiltración se hicieron para las 5 unidades con los intervalos de tiempos propuestos en las planillas.

Cuadro N° 15: Planilla de Infiltración Unidad 1

PLANILLA DE INFILTRACIÓN							
Infiltración :1							
Departamento: Tarija				Localidad: Coimata			
Ubicación: Latitud 21°30.083` Longitud 064° 47.464`						Altura: 2021m.s.n.m.	
hora	Altura de agua en el cilindro (cm)	Tiempo min.		Lamina infiltración(cm)		Vel.de inf. instant.(cm/hora)	Vel. de Inf. instant (mm/min)
		Inicial	Acumulado	Parcial	Acumulada		
10:06	21	0	0	0	0	0	
10:07	20,3	1	1	0,7	0,7	42	0,7
10:8	20	1	2	0,3	1	18	0,5
10:9	19,8	1	3	0,2	1,2	12	0,4
10:10	19,7	1	4	0,1	1,3	6	0,3
10:11	19,5	1	5	0,2	1,5	12	0,3
10:13	19,2	2	7	0,3	1,8	9	0,3
10:15	19,1	2	9	0,1	1,9	3	0,2
10:17	19	2	11	0,1	2	3	0,2
10:20	18,9	3	14	0,1	2,1	2	0,2
10:23	18,7	3	17	0,2	2,3	4	0,1
10:26	18,6	3	20	0,1	2,4	2	0,1
10:31	18,5	5	25	0,1	2,5	1,2	0,1
10:36	18,4	5	30	0,1	2,6	1,2	0,1
10:41	18,3	5	35	0,1	2,7	1,2	0,1
10:51	18,2	10	45	0,1	2,8	0,6	0,1
11:09	18,1	10	55	0,1	2,9	0,6	0,1
11:19	18	10	65	0,1	3	0,6	0,0
11:39	18	20	85	0	3	0	0,0
11:59	17,9	20	105	0,1	3,1	0,3	0,0
12:19	17,8	20	125	0,1	3,2	0,3	0,0
12:49	17,7	30	155	0,1	3,3	0,2	0,0
13:19	17,6	30	185	0,1	3,4	0,2	0,0

En la siguiente planilla de infiltración de la unidad 1, con los tiempos e intervalos de tiempo en los cuales se realizaron las lecturas, la lámina infiltrada expresada en cm y la velocidad de infiltración de cada lectura. Cabe recalcar que no realizó ninguna recarga ya que la infiltración fue lenta.

Gráfica N° 1 Curva de Infiltración Unidad 1



Esta gráfica muestra la curva de infiltración, donde se observa como la infiltración inicial es alta y va descendiendo hasta tornarse más homogénea antes de los 40 min; rápidamente disminuye la velocidad inicial.

Cuadro N° 16: Interpretación de Infiltración para la Unidad 1

INFILTRACIÓN INSTANTÁNEA	INFILTRACIÓN BÁSICA 10%	INFILTRACIÓN BÁSICA 1%
$I = 0,9209t^{-0,719}$	2mm/hora	0,42 mm/hora
INTERPRETACIÓN	Lenta	Muy lenta

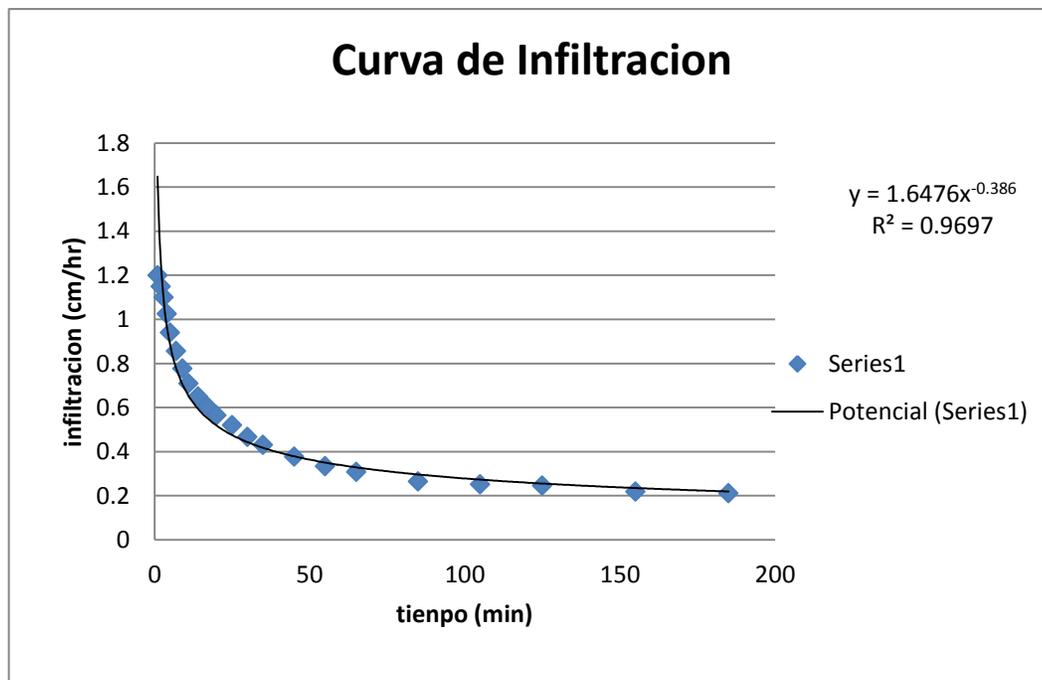
En el siguiente cuadro claramente se puede observar que la infiltración para el 10% es lenta lo que nos da a entender que esta unidad propensa a erosiones además de que se pierde una parte considerable de agua de por la lenta infiltración de agua, 1% muy lenta susceptible al encharcamiento (riesgo de erosión elevado).

Cuadro N° 17: Planilla de Infiltración de la Unidad 2

PLANILLA DE INFILTRACIÓN							
Infiltración :2							
Departamento: Tarija				Localidad: Coimata			
Ubicación: Latitud 21° 30.046` Longitud 064° 47.406						Altura: 2019m.s.n.m.	
Hora	Altura de agua en el cilindro (cm.)	Tiempo min.		Lamina Infiltrada (cm.)		Vel. de Inf.Instant. (cm./Hora)	Vel. de Inf.Instant. (mm./mim)
		Inicial	Acumulado	Parcial	Acumulada		
10:10	23	0	0	0	0	0	
10:11	21,8	1	1	1,2	1,2	72	1,2
10:12	20,7	1	2	1,1	2,3	66	1,1
10:13	19,7	1	3	1	3,3	60	1,1
10:14	18,9	1	4	0,8	4,1	48	1,0
10:15	18,3	1	5	0,6	4,7	36	0,9
10:17	17	2	7	1,3	6	39	0,9
10:19	16	2	9	1	7	30	0,8
10:21	15,2	2	11	0,8	7,8	24	0,7
10:24	13,9	3	14	1,3	9,1	26	0,6
10:27	12,7	3	17	1,2	10,3	24	0,6
10:30	11,7	3	20	1	11,3	20	0,5
10:35	10	5	25	1,7	13	20,4	0,5
10:40	9	5	30	1	14	12	0,4
10:45	7,9	5	35	1,1	15,1	13,2	0,4
10:55	6	10	45	1,9	17	11,4	0,3
10:55	23	0	45	0	17	0	0,3
11:05	21,6	10	55	1,4	18,4	8,4	0,3
11:15	20	10	65	1,6	20	9,6	0,3
11:25	17,5	20	85	2,5	22,5	7,5	0,2
11:45	13,5	20	105	4	26,5	12	0,2
12:05	9,3	20	125	4,2	30,7	12,6	0,2
12:35	6,2	30	155	3,1	33,8	6,2	0,2
12:35	23	0	155	0	33,8	0	0,2
13:05	17,6	30	185	5,4	39,2	10,8	0,2

En la siguiente planilla de infiltración de la unidad 2, con los tiempos e intervalos de tiempo en los cuales se realizaron las lecturas, la lámina infiltrada expresada en cm y la velocidad de infiltración de cada lectura. Se realizaron 2 recargas.

Grafica N° 2: Curva de Infiltración unidad 2



Esta gráfica muestra la curva de infiltración, donde se observa como la infiltración inicial va descendiendo hasta tornarse más homogénea a partir de los 50 min.

Cuadro N° 18: Interpretación de Infiltración Unidad 2

INFILTRACIÓN INSTANTÁNEA	INFILTRACIÓN BÁSICA 10%	INFILTRACIÓN BÁSICA 1%
$I = 1,6476t^{-0,386}$	9 mm/hora	4 mm/hora
INTERPRETACIÓN	Moderadamente lenta	Lenta

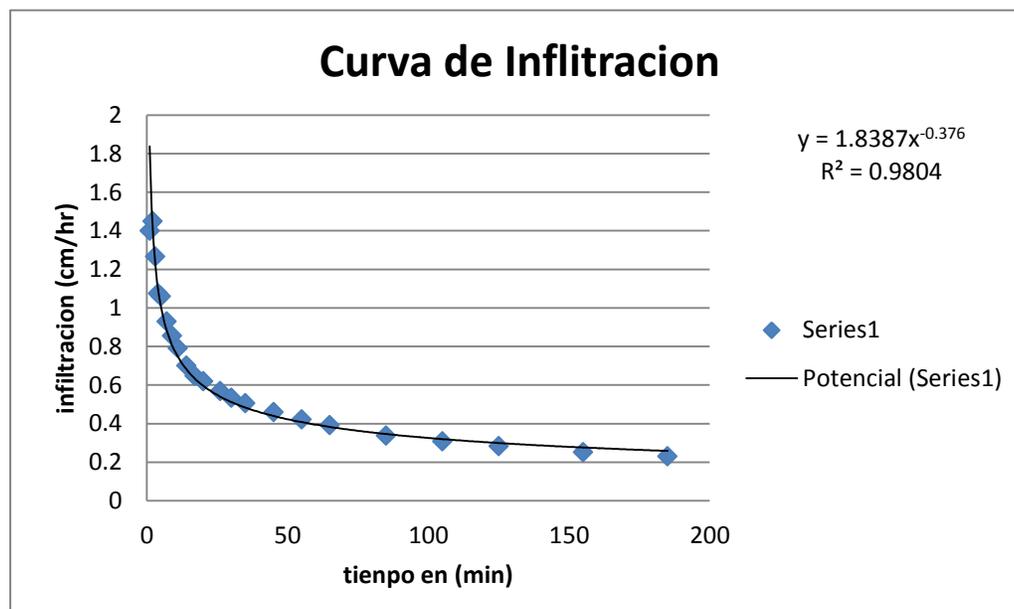
En cuadro N°18 muestra que la infiltración 10% es moderadamente lenta la cual es óptima para riego pero en infiltración 1% es lenta donde puede haber falta de aireación para las raíces en condiciones de exceso de humedad.

Cuadro N° 19: Planilla de Infiltración Unidad 3

PLANILLA DE INFILTRACIÓN							
Infiltración :3							
Departamento: Tarija				Localidad: Coimata			
Ubicación: Latitud 21° 29.983` Longitud 064° 47.409` `						Altura: 2019m.s.n.m.	
Hora	Altura de agua en el cilindro (cm.)	Tiempo min.		Lamina Infiltrada (cm.)		Vel. de Inf.Instant. (cm./Hora)	Vel. de Inf.Instant. (mm./mim)
		Inicial	Acumulado	Parcial	Acumulada		
9:05	17,4	0	0	0	0	0	
9:06	16	1	1	1,4	1,4	84	1,4
9:07	14,5	1	2	1,5	2,9	90	1,45
9:08	13,6	1	3	0,9	3,8	54	1,26
9:09	13,1	1	4	0,5	4,3	30	1,07
9:10	12,1	1	5	1	5,3	60	1,06
9:12	10,9	2	7	1,2	6,5	36	0,92
9:14	9,7	2	9	1,2	7,7	36	0,85
9:16	8,7	2	11	1	8,7	30	0,79
9:19	7,6	3	14	1,1	9,8	22	0,70
9:19	17,4	0	14	0	9,8	0	0,70
9:22	16,2	3	17	1,2	11	24	0,64
9:25	14,8	3	20	1,4	12,4	28	0,62
9:30	13	5	25	1,8	14,2	21,6	0,56
9:35	11,2	5	30	1,8	16	21,6	0,53
9:40	9,5	5	35	1,7	17,7	20,4	0,50
9:40	17,4	0	35	0	17,7	0	0,50
9:50	14,4	10	45	3	20,7	18	0,46
10:00	11,9	10	55	2,5	23,2	15	0,42
10:10	9,6	10	65	2,3	25,5	13,8	0,39
10:30	6,4	20	85	3,2	28,7	9,6	0,33
10:30	17,4	0	85	0	28,7	0	0,33
10:50	13,8	20	105	3,6	32,3	10,8	0,30
11:10	10,7	20	125	3,1	35,4	9,3	0,28
11:40	7,1	30	155	3,6	39	7,2	0,25
11:40	17,4	0	155	0	39	0	0,25
12:10	13,8	30	185	3,6	42,6	7,2	0,23

En el cuadro N° 19 se encuentra la planilla de infiltración de la unidad 3, con los tiempos e intervalos de tiempo en los cuales se realizaron las lecturas, la lámina infiltrada expresada en cm y la velocidad de infiltración de cada lectura. Se realizaron 4 recargas donde el tiempo se detuvo a cero

Grafica N°3 Curva de Infiltración Unidad 3



Esta gráfica muestra la curva de infiltración, donde se observa como la infiltración inicial es alta y va descendiendo hasta tornarse más homogénea antes de los 45 min; rápidamente disminuye la velocidad inicial.

Cuadro N° 20: Interpretación de Infiltración Unidad 3

INFILTRACIÓN INSTANTÁNEA	INFILTRACIÓN BÁSICA 10%	INFILTRACIÓN BÁSICA 1%
$I = 1,8387t^{-0,376}$	11 mm/hora	5 mm/hora
INTERPRETACIÓN	Moderadamente lenta	Lenta

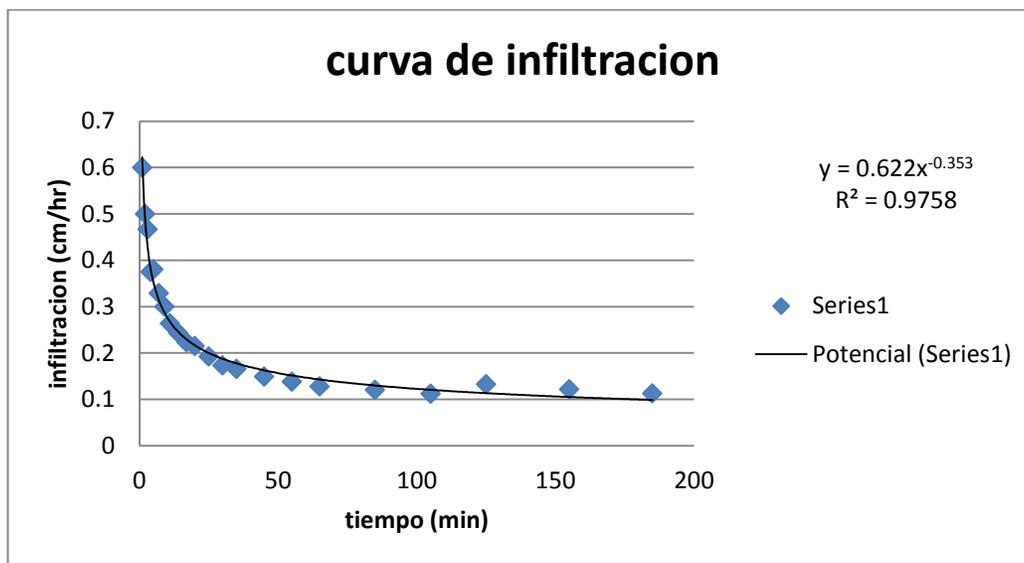
La infiltración en esta unidad al 10% es moderadamente lenta (óptima para riego de superficie) y al 1% lenta (riesgo de erosión) se pierde una gran parte de agua de riego esto debido a que ya existen problemas de infiltración que realzan la compactación de esta área.

Cuadro N°21: Planilla de Infiltración Unidad 4

PLANILLA DE INFILTRACIÓN							
Infiltración :4							
Departamento: Tarija				Localidad: Coimata			
Ubicación: latitud 21°29.902` Longitud 064° 47.314`						Altura: 2017m.s.n.m.	
Hora	Altura de agua en el cilindro (cm.)	Tiempo min.		Lamina Infiltrada (cm.)		Vel. de Inf.Instant. (cm./Hora)	Vel. de Inf.Instant. (mm./mim)
		Inicial	Acumulado	Parcial	Acumulada		
9:15	19,3	0	0	0	0	0	
9:16	18,7	1	1	0,6	0,6	36	0,6
9:17	18,3	1	2	0,4	1	24	0,5
9:18	17,9	1	3	0,4	1,4	24	0,47
9:19	17,8	1	4	0,1	1,5	6	0,38
9:20	17,4	1	5	0,4	1,9	24	0,38
9:22	17	2	7	0,4	2,3	12	0,33
9:24	16,6	2	9	0,4	2,7	12	0,30
9:26	16,4	2	11	0,2	2,9	6	0,26
9:29	15,9	3	14	0,5	3,4	10	0,24
9:32	15,5	3	17	0,4	3,8	8	0,
9:35	15	3	20	0,5	4,3	10	0,22
9:40	14,5	5	25	0,5	4,8	6	0,19
9:45	14,1	5	30	0,4	5,2	4,8	0,17
9:50	13,5	5	35	0,6	5,8	7,2	0,17
10:00	12,6	10	45	0,9	6,7	5,4	0,15
10:10	11,7	10	55	0,9	7,6	5,4	0,14
10:20	11	10	65	0,7	8,3	4,2	0,13
10:20	19,3	0	65	0	8,3	0	0,13
10:40	17,4	20	85	1,9	10,2	5,7	0,12
11:00	15,8	20	105	1,6	11,8	4,8	0,11
11:20	11	20	125	4,8	16,6	14,4	0,13
11:20	19,3	0	125	0	16,6	0	0,13
11:50	17	30	155	2,3	18,9	4,6	0,12
12:20	15	30	185	2	20,9	4	0,11

En el cuadro N°21 se encuentra la planilla de infiltración de la unidad 4, con los tiempos e intervalos de tiempo en los cuales se realizaron las lecturas, la lámina infiltrada expresada en cm y la velocidad de infiltración de cada lectura. Se realizaron 2 recargas.

Grafica N°4: Curva de infiltración unidad 4



Esta gráfica muestra la curva de infiltración, donde se observa como la infiltración inicial va descendiendo hasta tornarse más homogénea a partir de los 30 min; infiltración inicial baja.

Cuadro N°22: Interpretación de Infiltración Unidad 4

INFILTRACIÓN INSTÁNTANEA	INFILTRACIÓN BÁSICA 10%	INFILTRACIÓN BÁSICA 1%
$I = 0,622t^{-0,353}$	3 mm/hora	2 mm/hora
INTERPRETACIÓN	Lenta	Lenta

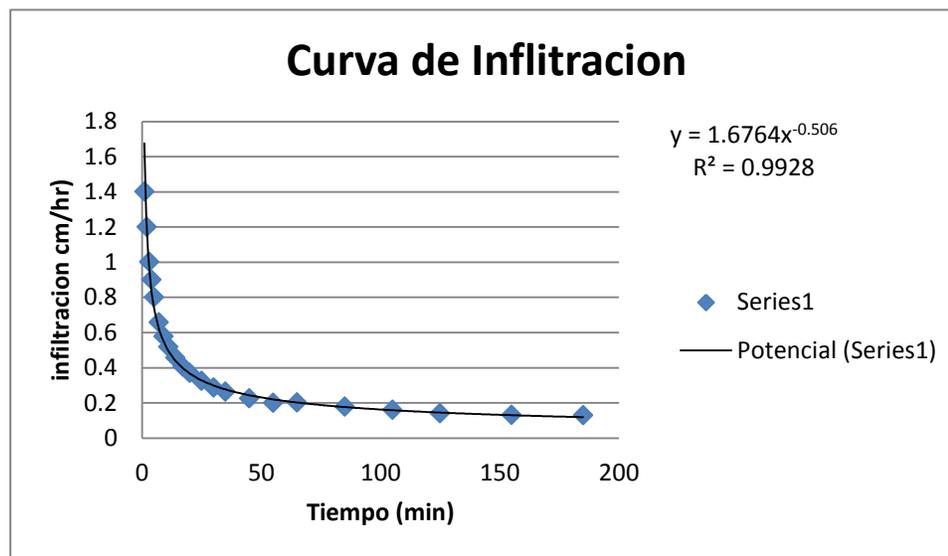
La infiltración en esta unidad al 10 % y al 1 % es lenta (Riesgo de erosión) ; Existe graves problemas de infiltración debido a la compactación de esta unidad ya que se puede haber falta de aireación para las raíces en condiciones de exceso de humedad.

Cuadro N° 23: Planilla de Infiltración de la Unidad 5

PLANILLA DE INFILTRACIÓN							
Infiltración : 5							
Departamento: Tarija				Localidad: Coimata			
Ubicación: Latitud 21° 29.887` Longitud 064° 47.263`						Altura: 2020m.s.n.m.	
Hora	Altura de agua en el cilindro (cm.)	Tiempo min.		Lamina Infiltrada (cm.)		Vel. de Inf.Instant. (cm./Hora)	Vel. de Inf.Instant. (mm./mim)
		Inicial	Acumulado	Parcial	Acumulada		
10:22	21,6	0	0	0	0	0	
10:23	20,2	1	1	1,4	1,4	84	1,4
10:24	19,2	1	2	1	2,4	60	1,2
10:25	18,6	1	3	0,6	3	36	1
10:26	18	1	4	0,6	3,6	36	0,9
10:27	17,6	1	5	0,4	4	24	0,8
10:29	17	2	7	0,6	4,6	18	0,7
10:31	16,4	2	9	0,6	5,2	18	0,6
10:34	15,9	2	11	0,5	5,7	15	0,5
10:37	15,2	3	14	0,7	6,4	14	0,4
10:40	14,7	3	17	0,5	6,9	10	0,4
10:43	14,2	3	20	0,5	7,4	10	0,3
10:48	13,5	5	25	0,7	8,1	8,4	0,3
10:53	13	5	30	0,5	8,6	6	0,2
10:58	12,4	5	35	0,6	9,2	7,2	0,2
11:08	11,5	10	45	0,9	10,1	5,4	0,2
11:18	10,6	10	55	0,9	11	5,4	0,2
11:18	21,6	0	55	0	11	0	0,2
11:28	19,5	10	65	2,1	13,1	12,6	0,2
11:48	17,5	20	85	2	15,1	6	0,1
12:08	15,8	20	105	1,7	16,8	5,1	0,1
12:28	15,1	20	125	0,7	17,5	2,1	0,1
12:58	12,2	30	155	2,9	20,4	5,8	0,1
12:58	21,6	0	155	0	20,4	0	0,1
13:28	18	30	185	3,6	24	7,2	0,1

En el cuadro N°23 se encuentra la planilla de infiltración de la unidad 5, con los tiempos e intervalos de tiempo en los cuales se realizaron las lecturas, la lámina infiltrada expresada en cm y la velocidad de infiltración de cada lectura. Se realizaron 2 recargas.

Gráfica N°5 Curva de Infiltración Unidad 5



Esta gráfica muestra la curva de infiltración, donde se observa como la infiltración inicial va descendiendo hasta tornarse más homogénea a partir de los 40 min; infiltración inicial baja.

Cuadro N°24: Interpretación de la Infiltración Unidad 5

INFILTRACIÓN INSTÁNTANEA	INFILTRACIÓN BÁSICA 10%	INFILTRACIÓN BÁSICA 1%
$I = 1,6764t^{-0,506}$	7 mm/hora	2 mm/hora
INTERPRETACIÓN	Moderadamente lenta	Lenta

La infiltración en esta unidad al 10 % es Moderadamente lenta (óptima para riego de superficie) y al 1 % es lenta (riesgo de erosión importante) Existe problemas de infiltración debido a la compactación de esta unidad.

Las unidades 5 presentan problemas de infiltración principalmente debidos a la compactación que existe en estas unidades, presentando altos valores de infiltración los suelos de la unidad 1 donde la infiltración es muy baja.

En conclusión las zonas más duras están en la unidad 1, 4 donde la Da, y resistencia a la penetración es más alta; la infiltración es más lenta, siendo estas zonas con mayor problema.

CAPÍTULO IV

MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTIVAS Y DE CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA PRESERVAR Y/O MEJORAR LOS SUELOS DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE COIMATA (SEDAG)

Para abordar el problema de la compactación se pueden tomar medidas correctivas, como en el caso del subsolado, y medidas de tipo complementaria, que no modifican rápidamente la condición actual del suelo pero que ayudan a mejorar el comportamiento del cultivo o bien tiene un efecto en el suelo a un mediano o largo plazo. A continuación se analizan brevemente algunas de estas medidas.

4.1 Subsulado

La práctica del subsolado consiste en soltar el suelo bajo la profundidad normal de cultivo, usando un arado de uno o más brazos rígidos, con el objetivo de romper capas de suelos compactadas. Los subsoladores normalmente trabajan a profundidades de 30-70 cm. Existe también la alternativa de usar algún tipo de arado de vertedera, teniendo en consideración que la capacidad de profundizar es menor y tiene mayores requerimientos de potencia.

Cuando el subsolador pasa por el suelo va soltando las capas compactadas, levantándolas y disgregándolas, formándose una red de macroporos interconectados. Algunos de los cuales van desde el subsuelo suelto hasta la superficie, actuando como vías para la penetración de raíces y en el flujo de agua y aire.

4.2 Uso de acondicionadores físicos

La incorporación de materiales que actúen como acondicionadores físicos de suelo en profundidad va a permitir mejorar y mantener una mejor condición para el desarrollo de las raíces en el subsuelo.

Esta labor consiste en localizar el material (guanos, aserrín, viruta, restos de poda trozados, lodos de aguas servidas, compost, desechos orgánicos animales y vegetales diferentes, etc.) en hoyos o zanjas, a la profundidad del estrato de suelos compactada. Es una labor de alto costo y muy localizada que se puede justificar en el caso de que el subsolado puede no ser una buena alternativa, como por ejemplo en el caso de plantaciones frutales establecidas, donde se dificulta el trabajo de tractores de gran potencia. (abcAgro)

Incorporación de materia orgánica al suelo: la materia incorporada al suelo actúa directamente favoreciendo la formación y la estabilidad de la estructura del suelo lo que puede ayudar a prevenir la compactación.

Uso de pistas de circulación: al ubicar pistas exclusivas para tránsito de la maquinaria se puede evitar el paso innecesario por la superficie del suelo

Ajustar maquinaria a una misma trocha: esta medida está orientada a reducir el área que es usada por la maquinaria, manteniendo una sola huella para el paso de las ruedas.

4.3 Cubiertas vegetales

Uso de cubiertas vegetales: la penetración de las raíces y su posterior muerte producen poros continuos que ayudan al movimiento del aire y el agua en el suelo. Por medio de la cubierta vegetal, se incorpora también materia orgánica al suelo.

Esta práctica consiste en mantener una cubierta vegetal de especies con diferentes sistemas radiculares en superficies que permanecen sin vegetación, en forma permanente o en algunos períodos del año. El objetivo de esta cubierta vegetal es la de incorporar materia orgánica al suelo a través de la parte aérea y de las raíces de las plantas. En este sentido se prefiere utilizar especies de enraizamiento profundo para que las raíces lleguen y penetren el subsuelo compactado, favoreciendo la formación de macroporos y la estructuración del suelo.

4.4 Métodos biológicos para superar las capas limitantes del crecimiento de las raíces

El método principal de restauración de la porosidad de las capas limitantes del crecimiento de las raíces es utilizar las raíces de la vegetación natural o de cultivos de cobertura plantados para actuar como subsoladores biológicos que penetren en los horizontes densos. La estabilidad de los canales creados por las raíces de las plantas será mayor que aquella de canales formados por métodos mecánicos, ya que la liberación de sustancias orgánicas de las raíces estabiliza las superficies internas de los canales. Una vez que las raíces se han muerto y contraído, estos poros serán lo suficientemente grandes y estables para permitir que penetren las raíces del cultivo siguiente.

La tierra puede ser dejada en barbecho por 2 - 3 años para su regeneración con arbustos naturales o vegetación forestal. Alternativamente, la siembra de especies seleccionadas efectivas en la regeneración de la estructura del suelo pueden enriquecer el barbecho natural. Un cultivo de cobertura puede ser sembrado para que sirva como un barbecho sembrado. Las especies promisorias de cultivos de cobertura que han dado muestras de ser potenciales subsoladores biológicos son el pasto Bahía (*Paspalum notatum*), Festuca elatior, el pasto Guinea (*Panicum maximum*), la alfalfa (*Medicago sativa*), el gandul (*Cajanus cajan*) y el caupí (*Vigna unguiculata*).

4.5 Soluciones Químicas Para El Crecimiento Limitado De Las Raíces.

El crecimiento de las raíces a veces es limitado por condiciones químicas del suelo desfavorables como son las deficiencias nutricionales severas, la toxicidad de manganeso y aluminio y la salinidad. El nutriente que más comúnmente limita el desarrollo de las raíces es el fósforo y la aplicación de fertilizantes fosfatados para suplir su deficiencia en los suelos, frecuentemente estimula un enraizamiento más profundo que permite al cultivo acceder a más humedad del suelo y por lo tanto incrementar la productividad.

La aplicación de cal sin o con yeso reducirá las concentraciones de aluminio y/o manganeso hasta niveles no tóxicos y, por lo tanto, se estimulará un enraizamiento más profundo. La mayor solubilidad del yeso, en comparación con la cal, hace que sea más conveniente para suelos con problemas de toxicidad de aluminio o manganeso en el subsuelo, mientras que la cal poco soluble es más efectiva en la capa superficial del suelo. Cuando altas concentraciones de sal inhiben el desarrollo de las raíces en suelos regados, debe ser aplicada abundante agua suficiente para lavar las sales fuera de la zona radical del cultivo.

4.6. Neumáticos Flotantes

Los neumáticos flotantes son un importante recurso para enfrentar la degradación de la tierra y ayudar a los agricultores a lograr la Agricultura de Conservación. La función principal de los neumáticos flotantes es reducir la compactación del suelo inducida por el tráfico. Sin embargo, mejoran el rendimiento del cultivo y los márgenes de ganancia de la finca.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Es evidente la presencia de compactación en los suelos del Centro Experimental de Coimata y seguramente también existe degradación química y biológica, que están generando serios problemas en el crecimiento de los cultivos y la producción.

Las unidades afectadas por la compactación según el perfil de penetrometría serían la unidad 4, 5 con un valor 335 psi debido a la elevada RP que presentan sus suelos resultado posible al pie de arado .

Según Threadgill (1982) el crecimiento de las raíces se reduce a los 217 PSI siendo menor el valor en condiciones de baja porosidad, según la especie y mayor el efecto sobre las raíces mientras más superficial sea esta capa compactada; este valor fue superado en gran parte de las unidades 3(margen izquierdo) y en la unidad 4, 5; por lo cual la compactación está afectando el crecimiento radicular de las plantas y por ende la producción y el rendimiento de estas zonas.

Según Rosolem et al (1994) con una capa compactada a los 30cm de profundidad de 205 PSI se reduce en 50% el crecimiento de las raíces de maíz; se registraron valores superiores a 205 PSI en las unidades 3, 4, 5; afectadas por la capa compactada reduciendo los rendimientos en el cultivo del maíz.

Existen puntos que superan los 217 PSI (reducción del crecimiento radicular Martino 1994) a partir de los 22 cm (9 pulgadas) hasta los 35 cm (14 pulgadas), además existe un punto que superó los 335 PSI (11 pulgadas) siendo el único punto que superó este límite.

En conclusión el límite líquido promedio según gráfica de los suelos del predio del Sedag es de 41.9% lo que demuestra que los suelos son arcillosos y esto hace que sean más susceptibles a la compactación por el tamaño de las arcillas.

El límite plástico promedio en función a la ecuación de los predios del Sedag es de 15.4% este límite nos indica la humedad por encima del cual no debe ser laboreado debido a riesgos de compactación, ya que este límite indica la franja de plasticidad, es decir donde ocurren deformaciones plásticas no recuperables (Hillel, 1982)

En conclusión el índice de plasticidad de los predios del Sedag es de 15.9% lo que demuestra que los suelos son altamente arcillosos también determina el rango de humedad en el que el suelo es plástico y tienen los mayores riesgos para manipular con equipos de labranza por los posibles efectos de compactación y sellado de la superficie según (Pla Senti 1972)

La capa arable u horizonte disturbado varía entre los 0-17 a 0-20 cm en las distintas unidades de suelo del Centro experimental de Coimata (por lo cual los pie de arado se forman a partir de los 20cm hacia abajo), llegando hasta los 126cm como en la unidad 4.

La compactación está afectando el crecimiento radicular en la unidad 3 donde se encuentra los árboles, manzano y ciruelo de manera que las raíces están creciendo de manera horizontal deformaciones radiculares y problemas al en el desarrollo de las plantas; en unidad 4 se observó raíces con crecimiento horizontal en malezas

De acuerdo a los altos resultados de la densidad aparente es más alta en las unidades 1, 3, 4 superando los Da 1,40gr/cc la unidad 1 y 4 tienen una Da 1,44gr/cc generaron problemas de compactación en las 2 unidades esto es debido a la constante utilización de maquinaria agrícola y a la reducción de la materia orgánica, siendo más drástico en la capa arable.

Las unidades 5 presentan problemas de infiltración principalmente debidos a la compactación que existe en estas unidades, presentando altos valores de compactación los suelos de la unidad 1 donde la infiltración es muy baja.

En conclusión las zonas más duras están en la unidad 1, 4 donde la Da, y resistencia a la penetración es más alta; la infiltración es más lenta, siendo estas zonas con mayor problema.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados del perfil de penetrometría debe realizarse un subsolado profundo de al menos 40cm en las unidades 4y 5 para destruir las capas compactadas de pie de arado que se presentan en ésta áreas, mejorar la porosidad, penetración de la raíces y la infiltración; de este modo corregir la compactación que presentan los suelos del centro experimental de Coimata y posterior a esto tomar medidas preventivas para evitar nuevamente esta situación. El subsolado deberá ser efectuado después de la siembra de algún abono verde para incorporar los restos de éste a los perfiles inferiores del suelo.

Se recomienda la incorporación de materia orgánica (especialmente en las unidades donde existe una baja porosidad) para mejorar las propiedades físicas y químicas de estos suelos, favorecer la producción, la estructura y la porosidad de los mismos lo cual servirá para disminuir los efectos de la compactación y prevenir que ésta se siga acentuando.

Es recomendable la incorporación de abonos verdes, como fuente de materia orgánica y realizar un manejo en un sistema de rotación de cultivos, incluyendo cultivos con sistemas radiculares fuertes y profundos que penetren en las capas compactadas para disminuir su efecto y así mejorar el perfil radicular y perfil cultural de los cultivos.

Se recomienda no realizar trabajos y evitar la utilización de maquinaria en condiciones de excesiva humedad en el suelo (Limite Liquido 15,4%), ya que es

donde el suelo se encuentra más susceptible al sellado de poros y a la compactación del mismo.

Se debe tomar en cuenta en índice plasticidad que el caso de los suelos de los predios del Sedag es de 15.9 esto nos indica que los suelos son altamente arcillosos por lo cual no se debe usar maquinaria pesada y se debe verificar la presión de aire en las ruedas no trabajar con bajas ni altas presiones de inflado, y de ser posible cambiar las ruedas por ruedas modernas anchas y con nueva tecnología (como la tecnología ultra Flex) para disminuir los efectos del paso de la maquinaria sobre los suelos.

Debe utilizarse como enmienda el yeso agrícola sobre todos los suelos de la unidad 1, 2, y 3 debido a las propiedades que éste posee, especialmente en los suelos afectados por degradación física, para mejorar la porosidad, densidad aparente(Da) corregir la estructura y disminuir los problemas de erosión, compactación, aterronamientos, agrietamientos superficiales. Se debe incorporar esta enmienda de manera conjunta con materia orgánica para potenciar los beneficios de ambas.

Se debe utilizar cubiertas vegetales para así evitar dejar los suelos descubiertos, utilizar cultivos de cobertura cuando los suelos no estén siendo utilizados, se puede aprovechar cuando los terrenos queden libres para programar la siembra de cultivos que serán utilizados como abonos verdes y al mismo tiempo servirán de cobertura para los suelos.

Para mejorar la infiltración en los suelos del centro experimental de Coimata principalmente en las unidades 1 y 4 donde la infiltración fue más lenta, realizar un buen manejo del recurso hídrico, debido a la baja infiltración que muestra y se recomienda la utilización del riego con bajos caudal, así mismo realizar un subsolado a su vez la incorporación de materia orgánica.

Se recomienda la realización de un trabajo de investigación sobre un sistema de riego adecuado a los suelos de los predios del Sedag, ya que muy posiblemente los

problemas de compactación estén relacionados con el riego y el nivel de caudal esto va ayudar a mejorar los suelos.

Es recomendable la realización de trabajos de investigación sobre procesos de degradación química, además profundizar más sobre procesos de degradación física que no se pudieron realizar en este trabajo, siendo evidente su presencia en los suelos del centro experimental de Coimata dependiente del Sedag

Se deben tomar medidas inmediatas sobre los suelos del Sedag, (subsulado, incorporación de MO y yeso agrícola principalmente), para revertir los procesos de degradación física, química y biológica, para de esta forma conservar el recurso suelo, y disminuir las pérdidas en la producción.