

EVALUACIÓN DEL GRADO DE COMPACTACIÓN DEL SUELO EN UN SENDERO.

CATERINE ALVARADO

JOCELYN CAMPOS

ELIZABETH SOLÍS

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar la variación en el grado de compactación del suelo entre lugares con o sin tránsito de personas. Para ello, se desarrolló un experimento en un sendero ubicado en el sector de Las Cascadas, región de Los Lagos, delimitando una zona de muestreo que constaba de 3x6 mts, en la cual se midió el grado de compactación en diferentes puntos a través de la cantidad de centímetros que podía introducirse una estaca al ejercer la misma fuerza en cada zona, y extrayendo la misma cantidad de tierra de cada punto para pesarla y establecer una relación. Los datos arrojaron que en la zona de mayor tránsito, la profundidad alcanzada por la estaca fue menor que en puntos con baja circulación, pero el peso de la muestra de suelo fue superior al de un sector menos transitado, por lo que la porosidad y grado de compactación de esa zona sería mayor.

Palabras claves: Suelo, compactación, porosidad, densidad.

1. Introducción

El suelo es un elemento natural que posee distintas capas de material orgánico e inorgánico, que componen la corteza terrestre y sobre las cuales se desarrolla la mayor parte de los ciclos vitales conocidos. La importancia del suelo radica en que la vida de plantas, vegetales, animales y seres humanos tienen lugar sobre él, por lo que es necesario conocer su dinámica y funcionamiento.

Los seres humanos utilizamos el suelo para diversas actividades, que van desde el cultivo para la alimentación hasta el establecimiento de viviendas y construcciones complejas, que requieren de un suelo resistente y estable, es por ello que el suelo se ha transformado en uno de los principales espacios intervenidos por el hombre.

Al ser el suelo de vital importancia para el ser humano, también lo es para todos los organismos que surgen y viven en él, como las plantas y animales, por lo que es importante dilucidar el papel que cumple el ser humano en el cambio y transformación del suelo de pequeña a gran escala.

De acuerdo a esto, se realizó el experimento en el Sector de Cascadas ubicado en la ribera del Lago Llanquihue, a los pies del Volcán Osorno, región de Los Lagos en la zona sur de Chile. Esto, en búsqueda de medir la variación del grado de compactación del suelo, en lugares de mayor y menor circulación de personas, bajo la siguiente interrogante ¿De qué manera varía el grado de compactación del suelo entre lugares con y sin tránsito de personas?

Para ello, y con el fin de comprender el desarrollo del experimento, se entregan algunos conceptos claves que se deben manejar a priori.

Conceptos

Suelo: Cuerpo poroso compuesto por fracciones minerales, fracciones orgánicas, el agua y el aire, las que coexisten en tres fases, sólida, líquida y gaseosa. La integración de las fracciones orgánicas y minerales, producen una aglomeración y dejan un espacio entre ellos (poros, grietas), que son ocupados por agua y aire.

Porosidad: Es el espacio que hay entre cada partícula del suelo donde existe aire y agua.

Compactación: Es el proceso por el cual las partículas del suelo son obligadas a estar en contacto las unas con las otras, por lo que se modifica el volumen y la estructura de los poros del suelo.

Densidad: Cantidad de masa por unidad de volumen o cantidad de material comprimido en un espacio determinado.

2. Hipótesis

A raíz de la pregunta de investigación se formularon las siguientes hipótesis, donde se tomó como base para el desarrollo del experimento la primera conjetura.

- El grado de compactación del suelo es mayor en un espacio donde hay un constante tránsito de personas, no así en los lugares de menor o nula circulación.
- El grado de compactación del suelo será mayor en una zona con alta densidad.
- El suelo con mayor compactación tenderá a ser más resistente y tener escasa vegetación.

Sin embargo, cabe señalar que el experimento se llevó a cabo al interior de una zona boscosa que posee varios senderos, con un tipo de suelo arenoso con gran presencia de materia orgánica, por lo que la comprobación de nuestra hipótesis se debe circunscribir en un terreno con dichos caracteres.

3. Metodología

Para realizar el experimento las actividades se trazaron bajo dos premisas; la medición del peso y nivel de porosidad del suelo, que nos permitirían conocer su grado de compactación en distintos puntos de una zona delimitada.

Se compararon distintas muestras de suelo, extraídas desde el espacio de mayor a menor circulación personas. La recolección de datos fue llevada a cabo en el sector de Cascadas, en un terreno perteneciente a la Universidad de Los Lagos, que posee varios senderos. En uno de ellos, se estableció la línea de muestreo, trazada de manera horizontal a la ruta del sendero tomando toda su amplitud, desde uno de sus extremos contando 300 centímetros hacia el bosque. Se tomaron muestras de suelo separadas por 50 cm cada una, recogiendo una totalidad de 6 muestras en la primera línea. Siguiendo el mismo patrón, la primera línea de muestra fue replicada tres veces con una separación de 200 cm cada una, recogiendo finalmente 24 muestras de suelo.

3.1 Herramientas

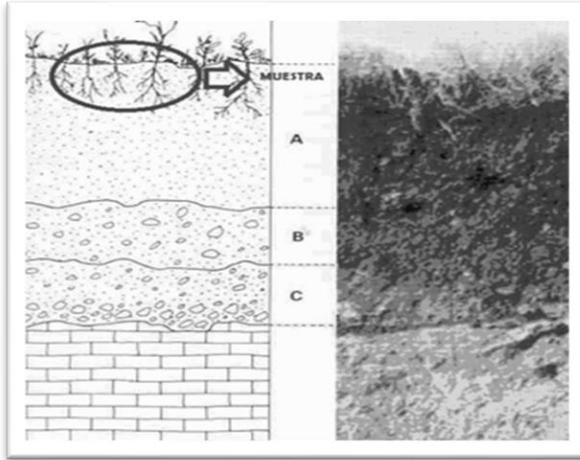
Plumón, regla, lápiz, cuaderno, vaso plástico de 500 ml, un lazo, dos estacas de 22,5cm de largo, una pala, 24 bolsas de plásticos, un tronco de 6,5 kilogramos, una balanza, un machete, corta cartón y computador.

3.2 Procedimiento

Para medir el peso y la porosidad del suelo se recogieron muestras de la parte superficial del terreno (horizonte A), extraídas con una pala en cada punto de la línea de muestreo (separadas cada una por 50cm) e introducidas en un vaso plástico hasta completar los 200ml ya delimitados, para que todas las muestras tengan el mismo volumen. Posteriormente, cada muestra fue

trasladada a una bolsa plástica para ser pesada.

Imagen 1: Horizonte A, nivel del suelo del cual se extrajeron las muestras.



Fuente: Google imágenes

La medición de la porosidad se llevó a cabo a través la utilización de tres estacas; dos de ellas fueron clavadas en el suelo para amarrar el lazo de 300 cm desde un lado del sendero o zona más transitada, hasta el bosque. Como el lazo estaba dividido en espacios de 50 cm, justo en estos puntos se introdujo en el suelo solo 2 cm de la estaca sobrante más larga, para luego desde una altura de 1 metro se dejará caer un tronco de 6,5 kilogramos de peso, que clavó la estaca a una determinada cantidad de centímetros. Fue realizado de esta forma para que la penetración de la estaca se ejerza con la misma presión (fuerza ejercida sobre la superficie), distinguiendo de manera clara y precisa qué parte de suelo estaba más compactada, a través de la revisión de la cantidad de centímetros que se hundió dicho instrumento al ejercer una misma fuerza en cada punto de muestreo.

Imagen 2: Esquema que demarca la zona de muestreo.



Fuente: Elaboración propia.

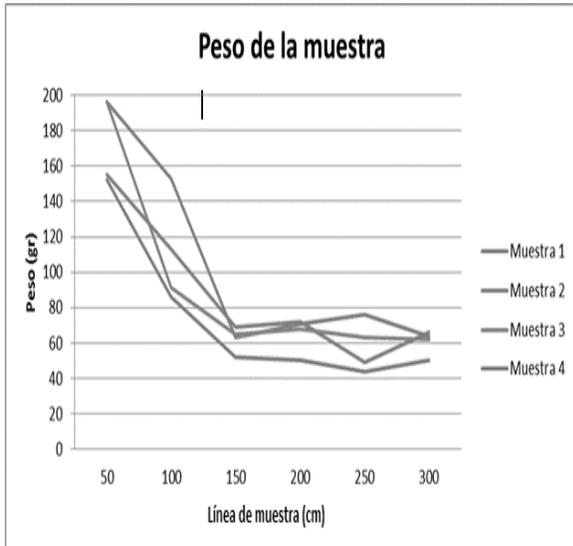
Siguiendo nuestra hipótesis, al medir la porosidad con este último experimento, las zonas más compactas serían más difíciles de penetrar, por lo que la profundidad alcanzada por la estaca en cada punto nos permitiría establecer la analogía entre nuestra hipótesis y los resultados. Además, la extracción de muestras de tierra y la posterior medición del peso, también nos entregaría datos sobre la densidad del suelo en esos puntos, correlacionándola con la densidad que tendría las zonas transitadas y compactadas por las personas en su circulación.

4. Resultados.

Las 4 muestras presentan al inicio de la medición (50 cm) un alto peso, para luego presentar un descenso significativo en el punto que demarca los 150 centímetros, manteniéndose dicha variable hasta el próximo punto de medición (200 cm). Luego

en la posición de los 250 cm, se presenta una pequeña variación entre las muestras 1 y 2, mientras que en las muestras 3 y 4 se demuestra una mantención en las mismas. En la marca final no se observa una variación importante en cada una de las muestras.

Gráfico 1: Peso de cada muestra.



Fuente: Elaboración propia

El patrón en general presenta una tendencia al incremento de la profundidad alcanzada por la estaca a medida que nos aproximamos más al bosque.

Al inicio de la medición, las muestras nos presentan que la profundidad alcanzada por las estacas no supera los 6cm. Luego en el segundo punto (100cm), se muestran variaciones entre los ejemplares 3 y 4 que ascienden más rápidamente que las muestras 1 y 2, para establecerse en el punto 3 (150cm) un alza en todas las variables. Si bien, en el punto último (300cm) 3 de las muestras superan los 18cm de profundidad, la tercera variable a pesar de demostrar un incremento importante desde su inicio no sobrepasa los 15cm.

Gráfico 2: Porosidad del suelo en relación a la profundidad de cada estaca.



Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión.

A nivel general, debemos señalar que la compactación del suelo no se realiza sólo de manera artificial o inducida por la acción humana en el ecosistema, sino también de manera natural, ya sea, por la comprensión de partículas en los procesos de formación del terreno o por los procesos de humedecimiento y secado del mismo.

Siendo así, la compactación y la resistencia del suelo se pueden medir de dos formas, sea a través de su impacto o por el tipo de "registrador", que refiere al efecto de la humedad en la compactación. Sin duda esta última variable es de gran importancia, ya que la compactación del suelo puede variar por el grado de humedad del terreno: en suelos con bajo u alto nivel de humedad se hará difícil la compactación, no así en un suelo moderadamente húmedo. Sin embargo, para efectos de comprobar nuestra hipótesis, la indagación se encaminó en la variable del impacto humano sobre el suelo, para lo que solo se midió el peso y la porosidad del terreno.

Luego de haber realizado el experimento para probar la validez de nuestra hipótesis, podemos decir que los resultados arrojaron que tal conjetura estaba en lo correcto para

tal delimitación de terreno, ya que, en ella se comprobó que el grado de compactación del suelo fue mayor en el espacio más transitado del sendero que hacia la zona boscosa. Cabe destacar que dicha parte de la senda, no se encontraba con posas de agua ni lodo que pudieran alterar los resultados presentes en los gráficos, ya que, al encontrarnos con un terreno de dichas características, nuestra hipótesis no hubiese tenido validez.

“En el estudio de la resistencia al esfuerzo constante de la compresión y compactación de suelo, se han presentado hechos para demostrar que la aplicación de las fuerzas de compresión y de cortadura a un suelo cohesivo, disminuye la razón de vacíos y aumenta la densidad y resistencia del suelo. La compactación destruye los poros más grandes y los llena parcialmente con partículas sólidas. El examen de la estructura del suelo hace resaltar como la compactación hiere en la proliferación de las raíces al aumentar la resistencia del suelo y disminuir la aireación”. (L.D.Baver et al 1973).

De acuerdo a lo anterior, se puede sostener que la compactación del suelo a causa del tránsito del ser humano produciría un aumento en la densidad del terreno, o sea, el peso del suelo por unidad de volumen aumentaría en estas condiciones, lo que a su vez incrementaría la *resistencia mecánica*¹, provocando una disminución en la porosidad del terreno, destruyendo y debilitando su estructuración original. Tal relación se demuestra a través de la medición del peso de las muestras de suelo extraídas del sendero, las cuales sobrepasan los 140 gr llegando aproximadamente hasta los 190 gr de peso al inicio de la muestra, para descender de manera significativa en los 150 cm bordeando entre los 50 y 70 gr de peso.

La porosidad o los espacios presentes en el suelo son sustanciales para la distribución del aire, agua y los diversos nutrientes, pero también para sostener el suelo, ya que son utilizados por las raíces de las plantas en su anclaje, evitando así la erosión de los

espacios. En general la compactación afectaría directamente al *sistema radicular*² de las plantas, pues, las raíces ejercen a lo menos cuatro funciones relacionadas con: la absorción de nutrientes y agua del suelo, el transporte de dichos elementos, el almacenamiento de reservas alimenticias y como se dijo anteriormente, el proceso de anclaje.

En torno a la porosidad, el suelo estaría compuesto por microporos y macroporos; los primeros se encargan del almacenamiento del agua en el suelo, mientras que los macroporos de la entrada y el drenaje de la misma, además de la aireación del terreno. Los efectos que produciría la compactación serían, por ende, que exista un menor desarrollo de vegetación en las zonas con mayor tránsito de personas y en este caso, en ciertas partes del sendero delimitado, ya que, el ramaje de los árboles impedían el tránsito completo por la senda, por lo que debían desviar su camino por una zona libre de ramas. Así se explican también, las variaciones que se dieron entre las muestras de nuestro experimento, ya que, de esta forma no se podría fijar una zona de mayor circulación de personas que vaya en línea recta o paralela a la dirección del sendero.

Para el despliegue y crecimiento de la flora:

“Las raíces necesitan para poder desarrollarse agua y oxígeno, y además debe existir un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo por el cual ir creciendo. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz en su crecimiento es el impedimento mecánico. Ello 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 la raíz. Conforme va aumentando la densidad del suelo el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo se va viendo

¹Capacidad que poseen los cuerpos para resistir la fuerza aplicada sobre ellos.

² Conjunto de raíces de las plantas.

afectado, pudiendo verse totalmente impedido si la compactación es excesiva". (E.Parisi, 1979).

En el caso del sendero donde se realizó el experimento, la resistencia mecánica se presentó a través de capas endurecidas y compactadas por la circulación de personas, reduciéndola presencia de vegetación a la zona más cercana al bosque, aquellos puntos donde la tierra poseía menos peso (entre los 40 y 80 gr aproximadamente) y donde la estaca penetró a mayor profundidad alcanzando una máxima de 20 cm, dando cuenta de la presencia de mayor porosidad del suelo en esa zona.

Imagen 3: Desarrollo de una planta en un suelo sin restricciones físicas (a) y la misma planta desarrollándose en un suelo que tiene un estrato de suelo compactado (b).

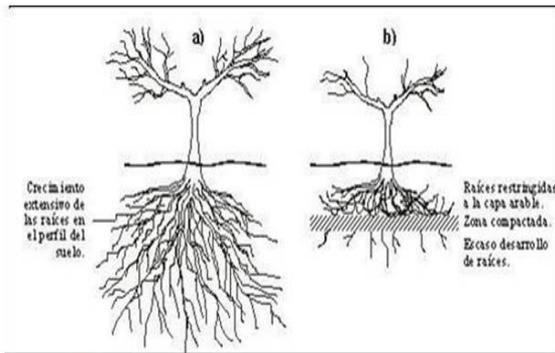


Figura 71. Desarrollo radicular de plantas sobre suelos compactados (Ortiz, 2003)

Fuente: Ortiz, 2003

El espacio poroso adecuado para el crecimiento de la vegetación, dependerá en un comienzo de la proporción en la que se encuentren las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) en un terreno específico, para que puedan formar *agregados*³ aptos para la libre circulación del agua y el aire además de la penetración de las raíces; Por cierto cada una de las partículas tiene diferente capacidad de absorción de nutrientes, por ejemplo la arcilla puede captar más nutrientes que la arena por lo que un suelo que contenga más proporciones de esta

partícula, podrá liberar mayores nutrientes a las plantas.

Pero cuando los suelos presentan restricciones físicas o mayores grados de compactación, alteran dicha estructura junto con la porosidad del suelo, degradando dicho espacio y no siendo capaz de almacenar el agua suficiente para que las plantas o semillas puedan desarrollar.

6. Conclusión

Como mencionamos anteriormente, la compactación es el aumento de la densidad del suelo como resultado de las cargas aplicadas o de la presión ejercida sobre él, lo que implica que este posea cierto nivel de densidad o estado de compactación antes de la aplicación de fuerzas externas a la naturaleza o por la acción humana; en tanto el experimento se limitó a la compactación causadas por fuerzas mecánicas, en este caso, el tránsito de personas en una ruta de sendero.

Nuestra hipótesis logró ser avalada a través de los resultados del experimento, por lo que el grado de compactación en un terreno con mayor tránsito de personas es mayor al que se observa en una zona donde la circulación es mucho menor.

La causa principal sería la modificación de la porosidad, que deriva en el despliegue de otros procesos. A medida que, se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente los espacios de mayor diámetro o macroporos que son ocupados por el aire y el agua útil. La compactación del suelo también afecta a la dinámica natural, ya que, la infiltración del agua disminuye por la permeabilidad de la capa compactada.

Es así como en los sectores con mayores grados de compactación se dificulta el desarrollo de la vida vegetal, ya que, el sistema radicular se ve obstaculizado por la disminución de la porosidad y aumento de la

³ Agrupación de las partículas del suelo que definen su estructura.

densidad del suelo, obligando a que las partículas que lo componen estén cada vez más próximas las unas con las otras, y no dejen mayores espacios para el despliegue de las raíces.

También, se puede deducir que si la compactación se produce en la capa superior (horizonte A) se produciría un incremento en la circulación de agua superficial, pudiendo provocar la erosión del terreno. Sin embargo, en la zona de sendero trabajada las hojas de los árboles cubrían casi la totalidad del suelo delimitado, protegiendo al suelo del agua lluvia atenuando su impacto para que el suelo se mantenga.

6.1 Extrapolación de resultado.

Extrapolando la compactación a niveles mayores, podemos decir que la utilización de maquinaria pesada (tractores, shoper, retroexcavadoras) en grandes extensiones de suelo, acelerarían el proceso de compactación del suelo, ya que, la presión ejercida sobre el terreno es mucho más fuerte y alcanza una mayor profundidad, además que el área de impacto es más extensa, por lo cual el daño al suelo provocaría grandes problemas en el ámbito de la agricultura, ya sea, a nivel local como macro.

Imagen 4: compactación de suelo por maquinaria pesada.



Fuente: Google Imágenes

Algunos aspectos positivos en torno a la compactación del suelo se presentan al intervenir un espacio para que pueda tener mayor resistencia, aumentando su capacidad para soportar cargas, sobre todo cuando se trabaja para impedir el hundimiento de las edificaciones o construcciones.

Por otro lado, la compactación muy intensa produce un material susceptible al agrietamiento, además de dejar sin oxígeno a los microorganismos presentes en los suelos.

Imagen 5: Agrietamiento del suelo por compactación.



Fuente: Google Imágenes

También, en las zonas donde se encuentran grandes concentraciones de personas como lo son las ciudades, el suelo tenderá a ser más compactado por el tránsito de las personas, vehículos y las mismas construcciones, al contrario de las zonas boscosas y selváticas donde el aire y el agua fluyen sin mayores problemas entre la porosidad del suelo.

7. Bibliografía.

Baver.LD, Gardner W.H, Gardner.W.R. 1973. "Física de suelos", Unión Tipográfica Editorial Hispano-americana.110-139.

Parisi, E. 1979. "Ecología y biología del suelo". Barcelona: Blume.94-110.

Russell. J y Rulssell. W, 1959. "Las condiciones del suelo y el Desarrollo de las plantas". Madrid, Editorial Aguilar.