

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DEL AGUA EN SUELOS CON PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA

NATALY ALMONACID
MARISOL ÁLVAREZ
SEBASTIAN MERIÑO

Resumen

El suelo es un factor determinante para la distribución de la flora y fauna, a través de características propias de este como la porosidad, la textura y la presencia de materia orgánica. Esta última a su vez juega un papel fundamental en conjugación con los demás.

Entonces, ¿cuáles son los efectos que puede producir la materia orgánica en el suelo, con respecto a los procesos de infiltración?

Palabras clave

Infiltración, velocidad, suelos, materia orgánica, materia inorgánica, escorrentía, capacidad de campo, saturación.

1. Introducción

En el recinto recreacional cascadas, perteneciente a la Universidad de Los Lagos, ubicado en la comuna de Puerto Octay, provincia de Osorno, X región de Los Lagos, se realizó un trabajo de indagación científica con estudiantes del IV semestre de la carrera Pedagogía en historia y geografía, en la

asignatura Dinámica del Medio Natural, el cual es impartido por el doctor en Ciencias Ambientales, Gonzalo Mardones.

La región de los lagos se encuentra situada en la zona sur de Chile (figura 1), abarca desde la cordillera de la Costa, hasta la cordillera de los Andes, se caracteriza por su clima templado lluvioso, que condiciona un ecosistema de tipo higromórfico, es decir que las precipitaciones están presentes durante todo el año, manteniendo el suelo siempre húmedo y proporcionando condiciones óptimas para una ecorregión siempre verde conocida bajo el nombre de "selva valdiviana", o "bosque valdiviano" que cuenta con una diversidad de flora y fauna endémica.

Figura 1: Ubicación geográfica región de Los Lagos, Chile.

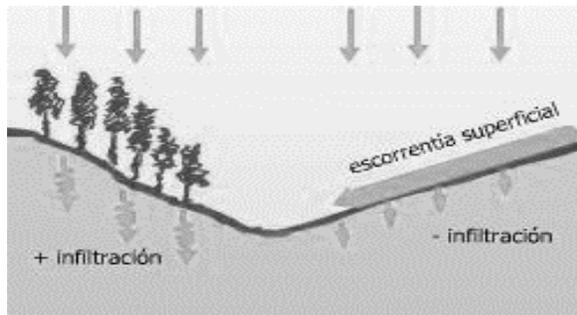


Fuente: Google Imágenes.

La presencia de este tipo de bosque templado lluvioso hace que la zona posea un suelo con vegetación que aporta en gran medida a un aumento en la capacidad de campo, es decir en la capacidad retención del agua absorbida (Strahler 1994) en esta zona esta característica en conjunto con el

proceso de infiltración (ver figura nº2), que ocurre cuando las aguas inician un movimiento descendente adentrándose en el suelo, es fundamental para el equilibrio natural, ya que, por la elevada cantidad de precipitaciones que recibe la zona, una parte es absorbida por la vegetación y otra es infiltrada a través de la porosidad del suelo, la cual va a variar dependiendo la textura de éste, formando así las aguas subterráneas. Sin este mecanismo el suelo se vería gravemente alterado, ya que, se acumularía el agua en la superficie, trayendo como consecuencia escorrentías.

Figura 2: Ilustración Proceso de Infiltración.



Fuente: Elaboración Propia.

La investigación que se desarrolla en este artículo corresponde a la indagación científica realizada el día martes 22 de diciembre de 2016, la cual parte con el fin de dar respuesta al siguiente planteamiento *¿A qué velocidad se produce la infiltración del agua entre tipos de suelos con mayor o menor presencia orgánica?*

2. Hipótesis.

Antes de iniciar la presentación del desarrollo de la investigación, es preciso detallar que el suelo (figura nº3) es una capa delgada que se ha formado lentamente luego de un largo periodo de tiempo, está compuesto por minerales, materia orgánica, pequeños organismos vegetales y animales, aire y agua.

En nuestro planeta, existe una gran diversidad de tipos de suelos, cada uno posee una característica diferente, en la que influyen diversos factores tales como el tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima, la vegetación y los animales que viven en él, además del nivel de intervención antrópica que poseen.

Figura 3: Ilustración de composición del suelo.

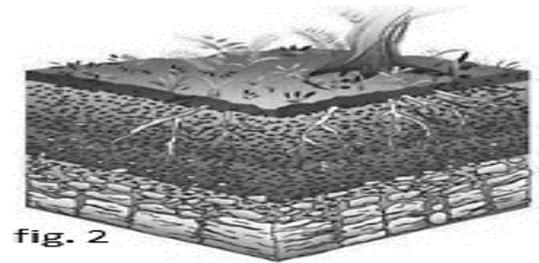


fig. 2

Fuente: Google Imágenes.

El suelo posee propiedades físicas como la textura, que corresponde a la composición mineral de una muestra de suelo, puede ser arenosa, limosa y arcillosa, esta es clave para determinar la capacidad de campo de este, la estructura del suelo es la forma en que se agrupan las partículas (arena, limo, arcilla).

La textura y estructura determinan la porosidad del suelo, esto se refiere a los espacios vacíos del suelo que están ocupados por agua o aire, se dividen en dos tipos: los macroporos están asociados a la aireación del suelo y también se conocen como poros no capilares. y los micro poros que son poros capilares y están asociados con la retención de humedad, a través de estos se produce la infiltración de agua, que es la absorción de agua procedente de las lluvias débiles o moderadas, la cantidad de agua infiltrada dependerá de la capacidad de campo que tenga el suelo.

La indagación comienza a partir del planteamiento de la siguiente hipótesis, a la que se pudo llegar teniendo en cuenta las palabras claves:

“En suelos con mayor materia orgánica existe menor infiltración puesto que no posee una alta porosidad ya que ésta se encuentra más compactada y ocupa mayor volumen, al contrario de la materia inorgánica que posee alta porosidad por los espacios vacíos en ella”

Para validar la hipótesis planteada, fue necesario realizar un experimento, el cual fue realizado con muestras de suelo arenoso, en el que las variables fueron la presencia de materia orgánica e inorgánica, las cuales fueron comparadas, estas fueron recogidas el día miércoles 21 de diciembre alrededor de las 14:30 horas aproximadamente.

3. Metodología

- Identificar los datos que se pretenden obtener a partir del experimento para comprobar la hipótesis planteada.
- Diseñar el experimento.
- Reunir los materiales necesarios para realizar el experimento.
- Materiales
 - 12 vasos plásticos del mismo tamaño.
 - 2 Lts. De agua. – Higrómetro.
 - 1 pala de mano. – Jeringas
 - Cronometro – Computador.
 - Cinta adhesiva.
 - hoja en blanco.
 - Recipiente
- Preparar los materiales, en este caso realizar pequeños agujeros a los vasos plásticos con los alfileres.
- Con las hojas en blanco, el plumón y la cinta adhesiva, hacer etiquetas y pegarlas en los vasos con agujeros con la identificación del tipo de suelo (Inorgánico, Intermedio, Orgánico)
- Realizar validación del experimento, para comprobar que será factible llevarlo a cabo.
- Salir a tomar muestras de suelo de composición orgánica, intermedia e inorgánica, con diferentes lineamientos, el primero en zona costera, el segundo

en un sector con alta intervención antrópica y el último en una zona con abundante material orgánico.

3.1 Descripción del experimento

Este experimento fue realizado tres veces, por lo tanto, se dividieron los sectores en muestra n°1, muestra n°2, muestra n°3.

La muestra n°1 corresponde al sector más próximo al lago Llanquihue, por lo que se extrajo una muestra de suelo inorgánico del sector de la playa (ver figura n°2) 5 mts. más arriba aproximadamente se extrajo una muestra que contenía una combinación de materia orgánica e inorgánica, y otros 5 mts. más una muestra de suelo que contenía principalmente materia orgánica.

La muestra n°2 fue denominada Intermedia, ya que, se encuentra a los comienzos del bosque, pero con una fuerte intervención antrópica, ya que, existen construcciones y senderos para transitar, por lo cual hay una presencia orgánica no abundante.

La muestra n°3 corresponde a una zona más internada en el bosque, esto explica porque es la muestra orgánica.

Los pasos explicados en la muestra n°1 fueron los mismos aplicados a las demás muestras, cabe mencionar que en todos los terrenos en los que se extrajeron las muestras contenían presencia de textura arenosa.

3.2 Procedimiento

Etiquetar tres vasos, para la identificación del tipo de suelo (Orgánico, Intermedio, Inorgánico)

- Distribuir con la misma cantidad de gramos de muestra de suelo en los vasos plásticos.
- Llenar las jeringas con 200 ml de agua.
- Ubicar un vaso bajo el vaso con la muestra de suelo.
- Medir la humedad de la muestra antes de comenzar el experimento.

Foto 1. Medición con higrómetro.

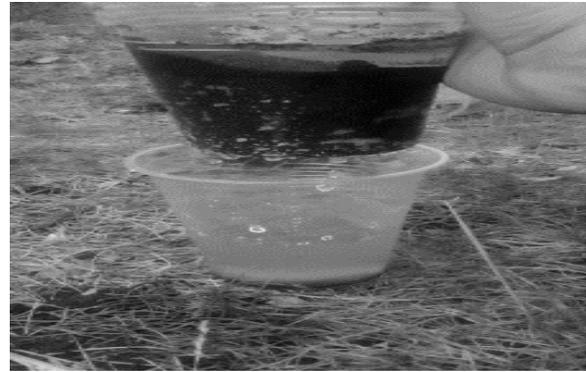


Fuente: Elaboración propia.

En un tiempo de 20 segundos aproximadamente verter el agua de las jeringas sobre la muestra.

- Observar detenidamente el segundo en el que cae la primera gota de agua filtrada. Gracias a un cronometro registrar cuando se produce.
- Dejar filtrar el agua durante un periodo de tiempo de 3 minutos a partir del segundo de la primera gota.
- Medir la humedad después de realizado el experimento.
- Extraer el agua filtrada con una jeringa y registrar la cantidad extraída, luego depositarla en un vaso etiquetado para un análisis final.
- Repetir el mismo proceso con cada muestra de suelo.

Foto 2. Gotas infiltradas acumuladas en un vaso de agua.

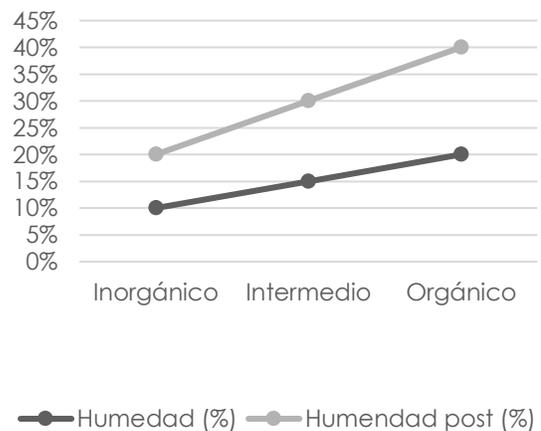


Fuente: Elaboración Propia.

4. Resultados.

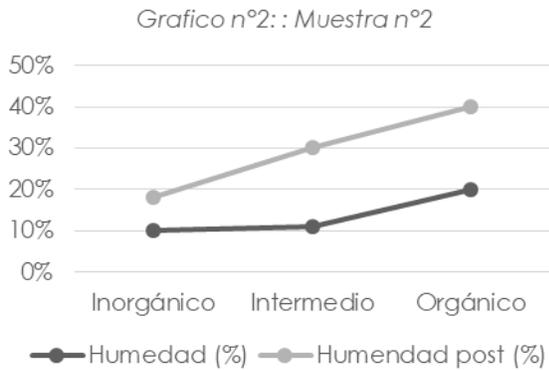
4.1 Una de las variables consideradas fue la humedad de cada muestra de suelo, esta fue medida antes de intervenirlas con los 200ml de agua y posterior a esto. Las cuales arrojaron los siguientes datos

Grafico 1. Muestra n°1

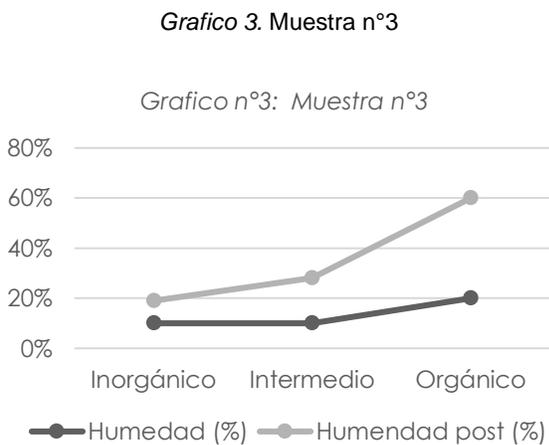


Fuente: Elaboración Propia.

Grafico 2. Muestra n°2



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 Resultados comparativos en Muestras en Materia Orgánica.

Tabla n°1

N° de Muestras	Humedad	Humedad posterior
N° 1	20%	40%
N° 2	20%	40%
N°3	20%	60%

Fuente: *Elaboración Propia.*

La humedad presente en las muestras de suelo con materia orgánica antes de ser intervenidas mostraron el mismo patrón,

todas poseían el mismo porcentaje de humedad, en cambio posterior al proceso de infiltración en las primeras dos muestras aumentaron la misma cantidad 40%, y en la muestra n°3 que pertenecía al suelo más cercano al bosque aumento el doble que en las dos muestras anteriores, alcanzando un 60%.

4.1.2 Resultados de Muestras en Materia Intermedia

Tabla n°2

Numero de Muestras	Humedad	Humedad post
N°1	15%	30%
N°2	10%	30%
N°3	10%	28%

Fuente: *Elaboración Propia*

En las muestras de suelo denominadas “intermedias” la humedad se presentó más variable en comparación al primer caso, esta fue disminuyendo a medida que se ha cercaba al bosque, y posterior al experimento aumento en las primeras dos muestras un 20%, y en la n°3 un 28%.

4.1.3 Resultados de Muestras en Materia Inorgánica

Tabla n°3

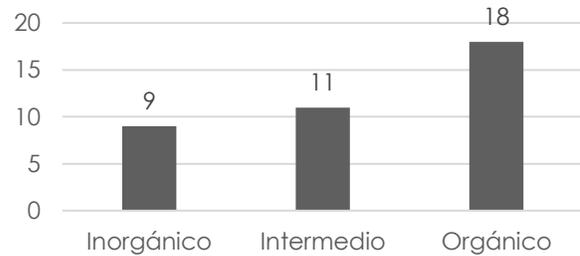
N° de Muestras	Humedad	Humedad posterior
N°1	10%	20%
N°2	10%	18%
N°3	10%	20%

Fuente: *Elaboración Propia.*

Fuente: *Elaboración propia.*

En lo inorgánico la humedad se presentó igual en las tres muestras con un 10% de Humedad, este dato fue el más bajo registrado en los tres tipos de suelos y la Humedad registrada posterior a la intervención lo máximo que alcanzó a aumentar fue de 10% en las muestras n° 1 y n°3, aumentando solo 8% en la muestra n°2.

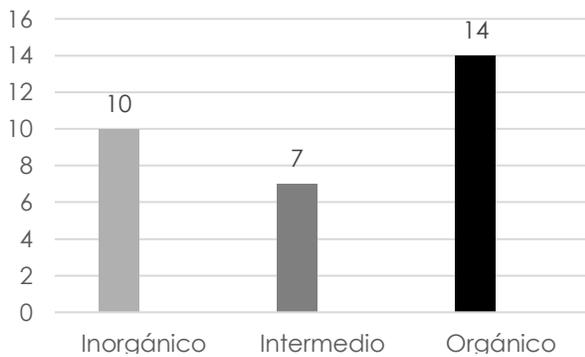
Grafico n°6: Tiempo de Filtración (Muestra N°3)



Fuente: *Elaboración Propia.*

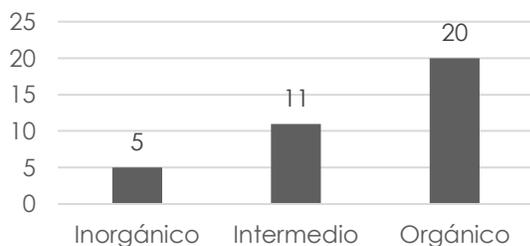
4.2.1 Velocidad de Infiltración.

Grafico n°4: Tempo de filtración (Muestra N°1)



Fuente: *Elaboración propia.*

Grafico 5. Tiempo de filtración (muestra n°2)



Para corroborar nuestro experimento y aumentar la veracidad de lo que se logró, ocupamos la siguiente tabla que muestran el promedio de infiltración de distintos tipos de suelo. (Crisóstomo Muñoz, 1988)

Tabla n°4: Tabla muestra la capacidad de infiltración, para este caso, solo se considera suelo arenoso.

Tipos de Materia	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
	Vel. en segundos	Vel. En segundos	Vel. En segundos
Inorgánico	10	5	9
Intermedio	7	11	11
Orgánico	14	20	18

Fuente: *Elaboración Propia.*

Haciendo el cálculo por infiltración del suelo netamente arenoso, considerando los minutos de infiltración y el agua infiltrada, apoyándose en la tabla n°4, logramos concluir que la velocidad coincidía con el resultado de nuestro experimento.

$$50\text{mm}/60\text{min} * x(\text{mm})/3\text{min} = 2.5\text{mm}$$

$$200\text{mm}/50\text{mm} = 4\text{ml}$$

$$2.5 * 4 = 10$$

4.2.2 Análisis de gráficos de Velocidad de Infiltración

Tabla n°5: Velocidad del proceso de infiltración de acuerdo a muestras 1, 2, y3.

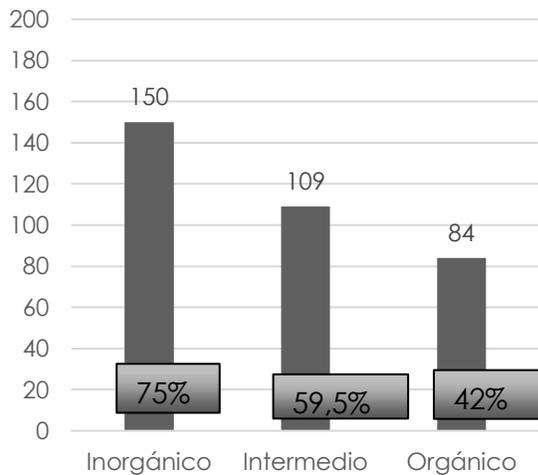
Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de suelo	Capacidad de infiltración (mm/h)
Arena	50
Limo arenoso	25
Limo arcilloso	12

En la materia inorgánica ocurrió más velozmente el proceso de infiltración, específicamente en la muestra n°2, en cambio en materia orgánica se tarda más tiempo en infiltrar el agua. Como velocidad máxima de infiltración se registraron 20 segundos.

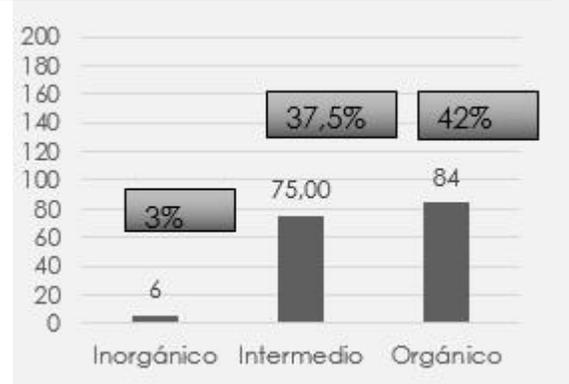
4.2.3 Agua saliente

Grafico 7. Agua saliente (Muestra N°1)



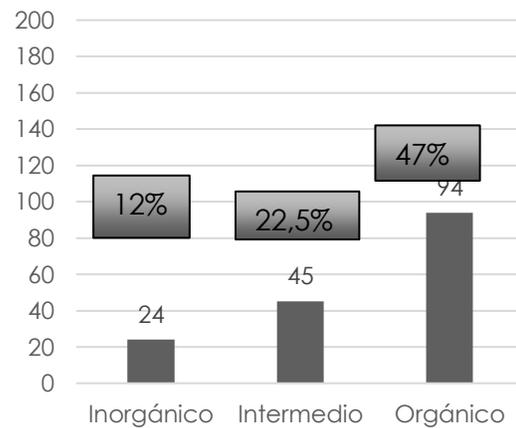
Fuente: Elaboración Propia.

Grafico 8. Agua saliente (Muestra N°2)



Fuente: Elaboración Propia.

Grafico 9. Agua Saliente (Muestra N°3)



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1 Análisis de gráficos de agua infiltrada

A partir de los 200 ml introducidos los resultados del agua infiltrada están representados en porcentajes, teniendo como el 100% los 200 ml.

Tabla 6

Tipos de Materia	Muestra n°1	Muestra n°2	Muestra n°3
Orgánica	42%	42%	47%
Intermedia	59,9%	37,5%	22,5%
Inorgánica	75%	3%	12%

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2 Velocidad distancia recorrida/ tiempo de infiltración

Tabla 7: Materia orgánica

Muestra	Velocidad mts/segundos
1	0.85
2	0.6
3	0.6

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8: Materia Intermedia

Muestra	Velocidad mts/segundos
1	1.2
2	1.1
3	1.1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9: Materia Inorgánica

Muestra	Velocidad mts/segundos
1	0.6
2	1
3	0.5

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar una variación en las velocidades resueltas esto, pues, en suelos orgánicos se cumple con lo teórico al igual que en el suelo medio, no obstante, en el suelo inorgánico más arenoso no ocurre lo que corresponde teóricamente, en donde la velocidad debería haber sido aún mayor, por lo que la explicación lógica que se le otorga a este hecho, es por medio de dos fenómenos existentes en las partículas de la arena, hablamos de la capilaridad y tensión superficial.

La tensión superficial es un fenómeno que se debe a que las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior del líquido y en la superficie. Así, en el seno de un líquido cada molécula está sometida a fuerzas de atracción que en promedio se anulan. Esto permite que la molécula tenga una energía bastante baja

La capilaridad es una propiedad de los líquidos que depende de su tensión superficial, la cual, a su vez, depende de la cohesión o fuerza intermolecular del líquido, que le confiere la capacidad de subir o bajar.

Por lo que finalmente debido a este fenómeno se puede resolver la interrogante de la baja velocidad en suelo arenoso, el cual, por la atracción de las moléculas mantuvo en suspenso por algún momento el agua que se infiltró en el experimento.

5. Discusión.

Con los resultados obtenidos a partir del experimento se puede concluir que la mayor velocidad de infiltración se produce en un tipo de suelo inorgánico, esto es respaldado por diversos autores que se refieren a la infiltración, y fueron consultados al momento de realizar la indagación.

Los suelos que poseen ausencia de materia orgánica contienen mayor porosidad, por lo tanto, más espacios vacíos, estos espacios suelen ser ocupados por agua o aire, los que a su vez poseen menor capacidad de retención de agua lo que hace que el agua se infiltre en mayor cantidad (ver Gráfico n°1 de la muestra n°1, agua saliente) en esta muestra se observa que de 200 ml de agua que fueron depositados en esta, 150ml fueron infiltrados.

A pesar de que la primera gota que cayó infiltrada tardo más que en las muestras n° 2 y n°3, este fenómeno tiene su explicación en la capilaridad y la tensión superficial ya antes descrita lo que causo que caiga más lenta la primera pero la velocidad en total fue mayor, por lo cual, analizando la primera muestra, se

puede comprobar la hipótesis antes expuesta.

Pero al analizar los resultados de las muestras n°2 y n°3 el experimento dio un vuelco, revirtiendo la hipótesis planteada, en la muestra n°1 los resultados formaron un patrón descendente desde lo inorgánico a orgánico, dicha situación se vio alterada a medida que aumento la presencia de materia orgánica, que fue donde más rápido se infiltró el agua y a su vez donde más milímetros de agua saliente se obtuvo.

Para entender este fenómeno fue necesaria la observación del lugar, y de todas las variables tabuladas. Según los gráficos de humedad, los suelos con mayor presencia orgánica ya poseían una gran cantidad de humedad. La explicación a esto es que, durante los días previos al experimento, según la dirección meteorológica de Chile, en la zona de observación habían caído aprox. 2 mm de agua. Este factor meteorológico causó que la materia orgánica ya tuviera un total de agua acumulada, por lo mismo, al verter 200 ml de agua, la capacidad de campo logro su punto de saturación más rápido y al no poder contener más agua ésta se infiltró y la otra parte quedo en la superficie sin ser absorbida, por lo que se produjeron excedentes de agua sobre las muestras de suelo de los vasos.

Otro fenómeno observado fue la variación de color en las diferentes muestras de agua infiltrada, lo cual vario desde el lugar en que fue recogida la muestra y de la misma forma desde materia orgánica hasta Inorgánica.

Foto 3. Variación de color desde orgánico a inorgánico



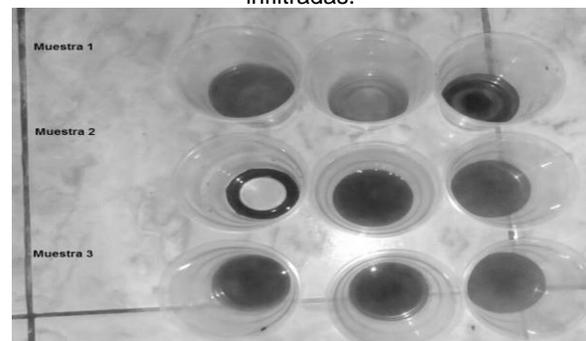
Fuente: Elaboración propia.

El color del agua en la primera muestra se observó que fue de una tonalidad más clara desde inorgánico hasta orgánico.

De igual forma cabe destacar el excedente de agua que se pudo ver en algunas muestras en donde la infiltración de agua fue menor debido a que la capacidad de campo de estas era mucho menor, esto quiere decir que en las muestras que menos agua se infiltró no toda quedo en la muestra, sino que mucha agua quedo en la parte superior que no fue absorbida, este fenómeno es el que da origen a las escorrentías si está en pendiente el suelo, o a simples pozas de agua si estas pendientes no están.

En la muestra dos se pudo observar que el color de ésta a diferencia de la 3 (será explicada) fue la más oscura de todas, esto se produce por la presencia de materia orgánica. La muestra tres presenta una variación en el color y es más oscura que la uno, pero esto se debe a que se filtra más materia orgánica, la diferencia está en que las partículas son más pequeñas y por lo tanto, existe esta infiltración. La causa de que sean más pequeñas no es más que el resultado de los procesos de meteorización, que es definido como el proceso de alteración y separación de la roca y materiales del suelo sobre y cerca de la superficie de la Tierra por descomposición química o desintegración física (Anón, 1995).

Foto 4. Contraste de colores resultantes de aguas infiltradas.



Fuente: Elaboración propia.

Las propiedades de las muestras infiltradas pueden contener un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis, todos estos compuestos se pueden expresar en este cambio de color desde suelos con material orgánico y suelos que no lo poseen.

6. Conclusiones

6.1 La Cordillera de la costa en la región de los lagos, específicamente en los lugares cercanos a la provincia de Osorno se presenta de una forma robusta, lo cual ejerce un importante efecto de biombo climático sobre las localidades de la depresión intermedia. Específicamente en la comuna de San Juan de la Costa, ésta forma un cordón montañoso en proceso de desintegración, por lo cual se hacen presentes cerros de escasa o mediana elevación. La zona tiene una gran intervención antrópica, el bosque primario ha sido intervenido y modificado, con finalidades de producción convirtiéndolo en un bosque secundario en donde las especies nativas han sido reemplazadas por especies exóticas que han traído consecuencias en el suelo.

La especie que ha logrado esta alteración del ecosistema en la localidad antes nombrada es el eucalipto (*Eucalyptus*), perteneciente a la familia de las Myrtaceae, quienes prosperan en regiones templadas, tropicales o subtropicales. El eucalipto es una especie exótica oriunda de Australia. Por su rápido crecimiento, pueden llegar a medir 60 mts de altura, frecuentemente se emplean en plantaciones forestales para la industria papelera, maderera o para la obtención de productos químicos.

Si bien es cierto su aporte en el ámbito económico es bastante favorable, también trae consigo efectos secundarios negativos, como incendios forestales incontrolables por su gran altura y otros que se desarrollaran

para comprender la situación actual de la comuna de San Juan de la Costa.

Según la FAO, El eucalipto es un fuerte competidor para la tierra y el resto de flora. Los problemas que acarrea esta especie son incluso mayores que los que ocasionan las plantaciones de pinos. La plantación de eucalipto, provoca la destrucción de la fauna y de la flora nativas debido a sus compuestos terpénicos (abundancia de hidrocarburos) que tienen un alto poder anti germinante anulando el desarrollo embrional de las semillas que puedan caer en el suelo y también la flora bacteriana y fúngica, convirtiéndolo en estéril. Otro factor negativo es que demandan una gran cantidad de agua para su desarrollo, tanto así que un árbol adulto puede consumir hasta 30 lts de agua por día.

Estos factores negativos de la especie exótica, sumados a los efectos del cambio climático han causado estragos en San Juan de la Costa, tanto así que este año se necesitaron 6 camiones repartidores de agua en la localidad, la falta de lluvias, y la elevada capacidad de contención de agua por parte de estos árboles provocan que las pocas precipitaciones presentes, solo las aprovechen estas especies, limitando el proceso de infiltración, y anulando las reservas subterráneas de agua que son la fuente principal de extracción de agua de los seres humanos.

6.2 La extensión geográfica de Chile otorga una gran variedad de climas entre los cuales a nivel general se encuentra el desértico, templado, lluvioso, y polar.

Desde el límite norte de Chile hasta los 31° de latitud aproximadamente se encuentra la zona más árida del país, por lo tanto, las precipitaciones son muy escasas produciendo un nivel de humedad bajo, el tipo de ecosistema al que le da vida este clima es el xeromorfo, es por esto que la flora y fauna es escasa.

Al ser una zona desértica se puede inferir que al ocurrir precipitaciones el agua será absorbida rápidamente, sin embargo, el tipo

de suelo que se encuentra aquí tiene una textura arenosa, por lo que al momento de presentarse precipitaciones, el suelo debido a su capacidad de campo, alcanza más rápido su punto de saturación, lo que causa que se acumulen aguas superficiales, consecuencias de esto las escorrentías, aluviones, etc.

En marzo del 2015 las regiones áridas del norte de Chile, Antofagasta, Atacama, Coquimbo se vieron afectadas por precipitaciones intensas en un tiempo concentrado, que provocaron aluviones de agua.

El suelo de esta zona infiltra rápidamente el agua, pero la intensidad de la precipitación provocó que la capacidad de campo se saturara rápidamente, generando abundantes excedentes de agua que se transformaron en escorrentías que afectó a la población.

En Chile "*si llueven más de 60 milímetros en 24 horas se produce un aluvión. En el norte, el umbral es mucho más bajo. Con 4 o 5 milímetros que caigan en un día es factible que se produzcan estos movimientos de masa*" (Plitt, 2015).

7. Bibliografía.

Anon 1995. Descripción y clasificación de rocas meteorizadas para fines de ingeniería. Informe del Grupo de Trabajo de la Sociedad Geológica. Diario trimestral de la geología de la ingeniería.

Carrera, Ricardo. N° 162 Octubre - Diciembre 2005 Pinos y eucaliptos, símbolos de un modelo destructivo. Revista del Sur - Red del Tercer Mundo. Recuperado de http://old.redtercermundo.org.uy/revista_del_sur/texto_completo.php?id=2895

Crisóstomo Muñoz, Dante Piura 1988). Evaluación de las variaciones de humedad del suelo utilizando tensiómetros y velocidad de infiltración. Perú, Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Giancoli, Douglas (2006) Principios con Aplicaciones. Sexta edición. México, Pearson educación.

Gutierrez de la Lama, W. de P. Lima. C. malvos (1985) La genética y los bosques del futuro. Estados Unidos, FAO.

Laura Plitt (28 de marzo de 2015). ¿Por qué se inundó el desierto norte de Chile? BBC Mundo. Recuperado de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/03/150327_l_luvias_chile_porque_lp

Strahler, Arthur y Strahler, Alan. (1994) Geografía Física. Tercera edición. Barcelona, Omega.