

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO CON COMPOSICIÓN VEGETAL

CARLOS CARIMONEI

JONATHAN CORONA

Resumen

La infiltración es un proceso clave dentro del ciclo hidrológico, que implica la absorción y el movimiento del agua a través del suelo y el regolito. Este proceso puede verse afectado por factores como el tipo de suelo y la vegetación presente. A nivel global, el cambio climático ha alterado las precipitaciones, modificando su intensidad y duración, lo que, a su vez, afecta la vegetación, la textura y la compactación del suelo. La metodología empleada fue de tipo cuantitativo, y consistió en la recolección de muestras de suelo arenoso tanto con vegetación como sin vegetación. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en los tiempos de infiltración según el tipo de muestra y su cobertura vegetal, con variaciones que oscilaron desde fracciones de segundo hasta más de un minuto. El estudio se llevó a cabo en las inmediaciones del recinto recreativo Cascadas, simulando condiciones de precipitación. Los resultados indicaron que los suelos arenosos sin vegetación presentaron tiempos de infiltración más rápidos en comparación con los suelos que contenían vegetación. La presencia de vegetación parece influir en la porosidad del suelo. Asimismo, la

topografía del terreno juega un papel crucial en la infiltración: en suelos planos, como los analizados, el agua tiende a evaporarse o a formar charcos, mientras que en suelos inclinados, el agua tiende a escurrirse, generando arroyos. Se concluyó que tanto la vegetación como la estructura del suelo son factores determinantes en la capacidad de infiltración. La gestión adecuada de los recursos hídricos y la implementación de prácticas de conservación del suelo pueden mejorar la infiltración y contribuir a mitigar los efectos del cambio climático. Estos hallazgos también proporcionan una comprensión más profunda de la importancia del agua y del suelo en zonas con alta vulnerabilidad a desastres naturales, como sequías e incendios forestales.

Palabras clave: infiltración, suelo arenoso, vegetación.

1. Introducción

La infiltración es una parte esencial del ciclo hidrológico, el cual describe la circulación del agua en diferentes estados de la materia. Este ciclo comienza con la evaporación del agua en la superficie terrestre debido a la acción del sol. El agua evaporada asciende y se condensa, formando nubes compuestas por pequeñas gotas. Estas gotas se enfrían y caen en forma de precipitación, que puede ser granizo, nieve o lluvia. Durante este proceso, ocurre la infiltración, definida como la absorción y el movimiento del agua de la precipitación hacia el interior del suelo y del regolito (Strahler, 1994). Varios factores influyen en la infiltración, como el estado del suelo, su compactación, humedad, la cubierta vegetal, las propiedades del suelo, la gravedad, la temperatura, la calidad del agua y la duración e intensidad de la precipitación.

Existen diferentes tipos de suelos, como arenosos, arcillosos y limosos, cada uno con características específicas que afectan la infiltración. Los suelos arenosos son muy permeables, lo que significa que permiten un rápido drenaje del agua. Por otro lado, los suelos arcillosos poseen partículas más pequeñas y tienen una menor permeabilidad, pudiendo retener o desacelerar el agua. La presencia de vegetación puede mejorar estas propiedades. Los suelos limosos pueden tener una permeabilidad variable, dependiendo de su compactación.

La vegetación juega un papel crucial en la infiltración del agua durante las lluvias intensas. Las ramas y hojas de los árboles y otras plantas reducen la intensidad de la precipitación al caer, permitiendo una mayor infiltración en el suelo. A mayor cobertura vegetal, menor será el escurrimiento superficial del agua.

La topografía también influye en la infiltración. En suelos planos, el agua puede formar charcos y ser infiltrada lentamente o evaporarse si no es absorbida. En terrenos inclinados, el agua de la precipitación tiende a escurrirse siguiendo la pendiente, formando arroyos. En un sentido más restrictivo, la escorrentía se refiere al flujo de agua superficial, tanto la que circula por encima del terreno como la que se encauza en corrientes (Strahler 1994).

Una precipitación intensa en cortos periodos de tiempo puede impedir o retrasar la infiltración de agua hacia las napas subterráneas, ocasionando que el agua no se absorba correctamente, lo que degrada el suelo y eleva el riesgo de desastres naturales como avalanchas y deslizamientos de tierra. La erosión hídrica es la forma más común de degradación del suelo, y un suelo sin agua es un suelo muerto.

El cambio climático ha alterado los patrones de precipitación, lo cual impacta la infiltración de agua. Altas temperaturas o sequías pueden compactar el suelo, reduciendo su permeabilidad y afectando negativamente la infiltración.

El calor provoca agrietamiento de la tierra debido a la evaporación, lo que impide una adecuada penetración del agua en el perfil del suelo. Además, el cambio climático acelera la pérdida de especies de flora y fauna, deteriorando los ecosistemas y su capacidad para absorber agua, aumentando así el riesgo de desastres naturales. Las raíces de los árboles y arbustos modifican la topografía de su entorno, elevándose en torno al tronco y aumentando las fisuras y otros poros gruesos en esa zona.

La humedad del suelo y la infiltración están estrechamente interrelacionadas, ya que la capacidad de infiltración del agua depende del estado de humedad del suelo antes de la precipitación. La infiltración se mide en milímetros por hora y varía según las propiedades físicas del suelo, como su textura, estructura, pendiente, compactación y cobertura. El cambio climático está acelerando el ciclo del agua, lo que contribuye a la escasez de agua y aumenta los riesgos asociados con este recurso, tales como inundaciones y sequías. El aumento de las temperaturas está alterando los patrones de precipitación, así como la distribución y frecuencia de las lluvias.

La infiltración, por otra parte, se define como el proceso mediante el cual el agua pasa a través de la superficie del suelo antes de alcanzar las condiciones de saturación. En este proceso intervienen dos fuerzas principales: las fuerzas de succión del suelo, que dependen de su contenido de humedad, y la fuerza de gravedad, que actúa progresivamente con el tiempo. Al inicio del proceso de infiltración, la velocidad es alta, pero tiende a disminuir a medida que avanza

hasta estabilizarse. Por esta razón, en suelos secos, el agua se infiltra más rápidamente que en suelos húmedos. A medida que el proceso progresa, el gradiente de succión en la parte superior del perfil del suelo disminuye hasta ser prácticamente nulo, y la gravedad se convierte en la única fuerza responsable del movimiento del agua en las capas más superficiales del perfil.

La temperatura del agua influye en el proceso de infiltración, ya que existe una relación directa: a mayor temperatura, mayor es la viscosidad del agua, lo que reduce su capacidad de infiltrarse en el suelo. El suelo tiene una capacidad limitada para absorber el agua que cae sobre su superficie. La infiltración permite que el agua penetre en el suelo y se desplace hacia sus capas más profundas. Para optimizar este proceso y prevenir la erosión superficial, es fundamental llevar a cabo una adecuada preparación del suelo. Esto incluye mejorar su estructura, aumentar la cobertura vegetal y evitar la compactación, lo cual facilita la absorción del agua y mejora la salud del suelo a largo plazo.

Un suelo sano, con una actividad biológica próspera, crea un sistema de poros de aire y agua que permiten la infiltración del agua y su retención. A medida que aumenta la cantidad de materia orgánica en el suelo, también aumenta su capacidad para retener agua, liberar nutrientes y prevenir la erosión. El suelo es un recurso no renovable, ya que se necesitan 100 años para formar 1 a 2 cm de suelo, lo que hace que la capa superficial del suelo sea altamente vulnerable y degradable. Entre los procesos de degradación que disminuyen la capacidad productiva y la eficiencia de los suelos están la erosión hídrica, eólica, química (bajo nivel de fertilidad) y física.

Es crucial conservar los recursos suelo y agua, ya que ambos son estratégicos y generan una gran variedad de servicios

ecosistémicos, contribuyendo además a la seguridad alimentaria. El uso adecuado de prácticas de manejo de suelo influye positivamente en la cantidad y calidad de agua disponible, siendo el suelo un excelente reservorio de humedad para las plantas, lo que ayuda en la adaptación de los sistemas productivos al cambio climático. Esta capacidad del suelo es especialmente valiosa, ya que permite a los sistemas productivos adaptarse mejor a las variaciones del clima, contribuyendo a mitigar los efectos del cambio climático en la producción agrícola.

Se aconseja el uso de prácticas de conservación de suelos como zanjas de infiltración, canales de desviación y terrazas, siendo las relacionadas con la acumulación de agua las que ayudan a mejorar la infiltración, generando una mayor cobertura vegetal y una mayor producción agrícola.

2. Metodología

En el recinto de recreación Cascadas, en el contexto de la asignatura de Geomorfología y Climatología de la carrera de Pedagogía en Historia y Geografía de la Universidad de los Lagos, se realizó este estudio de indagación en junio de 2024.

El propósito de este estudio fue abordar la siguiente interrogante: ¿A qué velocidad se produce la infiltración de agua en suelos con diferentes texturas y composición vegetal? La hipótesis planteada sugiere que la velocidad de infiltración en superficies porosas de suelo arenoso de origen volcánico con vegetación tiende a desacelerarse debido a la infiltración de lluvia simulada en un flujo laminar constante. La metodología utilizada fue cuantitativa para obtener mejores datos.

Para llevar a cabo el experimento, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- 2 vasos de plástico (para depositar muestras de suelo y agua).
- 2 ladrillos.
- Agua potable.
- Jeringa.
- Jarra medidora.
- Suelo arenoso.
- Pesa digital.
- Pala jardinera.
- Cronómetro.

Imagen 1. Vaso con muestra de suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Se procedió a preparar las muestras de suelo de composición arenosa sin ningún tipo de discriminación. Cada muestra pesaba 400 gramos y fue colocada en un vaso plástico con un pequeño orificio en la base. Este proceso se repitió un total de 12 veces: 6 muestras fueron extraídas del límite del lago Llanquihue y las otras 6 del interior del centro de recreación Cascadas. De estas muestras, 3 de cada ubicación fueron cubiertas con vegetación: las muestras del lago Llanquihue se cubrieron con musgo, mientras que las del centro de recreación se cubrieron con césped. Las muestras sin vegetación añadida mantenían un peso de 400 gramos, mientras que las muestras con vegetación pesaban 419 gramos, con los 19 gramos adicionales

correspondientes a la vegetación superficial.

Una vez depositada la muestra en el vaso, se procedió a compactarla. Posteriormente, se nivelaron las muestras sobre unos ladrillos en paralelo, lo cual permitió que los vasos mantuvieran una leve distancia del suelo, generando un espacio observable que facilitaba la identificación de la primera gota caída. En una jarra con medidas que contenía 400 centímetros cúbicos de agua potable, se vertió el líquido en un vaso con pequeños orificios, a una altura de entre 10 a 15 centímetros de altura con respecto a la muestra que contenía el suelo, asegurando una caída constante para todas las muestras. Este método se implementó a modo de simulación de la precipitación, permitiendo registrar el tiempo de contacto con el agua en todas las muestras.

Imagen 2. Vaso con muestra de suelo y cubierta vegetal.



Fuente: Elaboración propia.

A medida que el agua en caída simulaba la precipitación, el vaso con muestra de suelo comenzaba a llenarse de agua. Mientras avanzaban los segundos, se observaba la caída de gotas a través del orificio en la base del vaso con la muestra de suelo. Cuando la primera gota caía del vaso con orificio en la base, se detenía un cronómetro, el cual se iniciaba al momento que la precipitación simulada hacía contacto con la muestra de suelo.

3. Resultados

Suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (sin vegetación)

Tabla 1. Suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (sin vegetación)

| Suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (sin vegetación) | Tiempo de infiltración (seg) |
|---|------------------------------|
| Muestra 1 | 9,85 |
| Muestra 2 | 10,53 |
| Muestra 3 | 9,88 |
| Promedio | 10,08666667 |
| Diferencia entre el menor y mayor tiempo de infiltración | 0,68 |

Fuente: Elaboración propia.

En el suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (sin vegetación) se presentan 3 muestras. La muestra 1 tiene un tiempo de 9 segundos y 85 centésimas, la muestra 2 tiene un tiempo de 10 segundos y 53 centésimas, y la muestra 3 tiene un tiempo de 9 segundos y 88 centésimas. La muestra 1 fue la de menor tiempo de infiltración y la muestra 2, la de mayor tiempo de infiltración. La diferencia entre el menor y mayor tiempo es de solo 68 centésimas. El promedio entre estas 3 muestras es de 10 segundos. Este suelo arenoso extraído del límite del lago Llanquihue posee el menor promedio de tiempo de infiltración.

Suelo arenoso extraído al interior del recinto de recreación Cascadas (sin vegetación)

Tabla 2. Suelo arenoso extraído al interior del recinto de recreación Cascadas (sin vegetación)

| Suelo arenoso extraído al interior del recinto de recreación Cascadas (sin vegetación) | Tiempo de infiltración (seg) |
|--|------------------------------|
| Muestra 1 | 29,4 |
| Muestra 2 | 66 |
| Muestra 3 | 79 |
| Promedio | 58,13333333 |
| Diferencia entre el menor y mayor tiempo de infiltración | 49,6 |

Fuente: Elaboración propia.

En el suelo arenoso extraído del interior del recinto de recreación Cascadas (sin vegetación) se presentan 3 muestras. La muestra 1 tiene un tiempo de infiltración de 29 segundos y 4 centésimas, la muestra 2 tiene un tiempo de 66 segundos, y la muestra 3 tiene un tiempo de 79 segundos. La muestra 1 posee el menor tiempo de infiltración, y la muestra 3, el mayor tiempo de infiltración. La diferencia entre el menor y mayor tiempo de infiltración es de 49 segundos y 6 centésimas. El promedio de infiltración en este suelo fue de 58 segundos y 13 centésimas, es el segundo promedio más alto de tiempo de infiltración.

Suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (musgo)

Tabla 3. Suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (musgo).

| Suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue (musgo) | Tiempo de infiltración (seg) |
|--|------------------------------|
| Muestra 1 | 9,94 |
| Muestra 2 | 10,61 |

| | |
|---|-------------|
| Muestra 3 | 10,24 |
| Promedio | 10,26333333 |
| Diferencia entre el menor y mayor tiempo de infiltración | 0,67 |

Fuente: Elaboración propia

En el suelo arenoso extraído al límite del lago Llanquihue con vegetación (musgo) se presentan 3 muestras. La muestra 1 tiene un tiempo de infiltración de 9 segundos y 94 centésimas, la muestra 2 tiene un tiempo de infiltración de 10 segundos y 61 centésimas, y la muestra 3 tiene un tiempo de infiltración de 10 segundos y 24 centésimas. La muestra 1 posee el menor tiempo de infiltración y la muestra 2, el mayor tiempo de infiltración. La diferencia entre el menor y mayor tiempo es solo de 67 centésimas. El promedio de infiltración de este suelo fue de 10 segundos y 26 centésimas, posee el tercer promedio de tiempo de infiltración, supera al cuarto y último solo por centésimas.

Suelo arenoso extraído al interior del recinto de recreación Cascadas (césped)

Tabla 4. Suelo arenoso extraído al interior del recinto de recreación Cascadas (césped).

| Suelo arenoso extraído al interior del recinto de creación Cascadas (césped) | Tiempo de infiltración (seg) |
|--|------------------------------|
| Muestra 1 | 80 |
| Muestra 2 | 28,65 |
| Muestra 3 | 92 |
| Promedio | 66,88333333 |
| Diferencia entre el menor y mayor tiempo de infiltración | 63,35 |

Fuente: Elaboración propia

En el suelo arenoso extraído al interior del recinto de recreación Cascadas con vegetación (césped) se presentan 3 muestras. La muestra 1 tiene un tiempo de infiltración de 80 segundos, la muestra

2 posee un tiempo de 28 segundos y 65 centésimas, y la muestra 3 tiene un tiempo de infiltración de 92 segundos. El menor tiempo de infiltración corresponde a la muestra 2, y, el mayor tiempo de infiltración a la muestra 3. La diferencia entre la muestra 2 y la muestra 3 es de 63 segundos y 35 centésimas, es la mayor diferencia entre el menor y mayor tiempo de infiltración del estudio. En cuanto a promedio, es el promedio de infiltración más lento con 66 segundos y 88 centésimas, es el promedio más alto del trabajo y registra la infiltración más lenta de todo el estudio.

4. Discusión

En este estudio se evaluó la capacidad de infiltración del agua en suelos arenosos con y sin presencia vegetal, variando entre las muestras. Los resultados revelaron tiempos de infiltración distintos para las muestras de suelo arenoso perteneciente al interior del recinto de recreación Cascadas (césped). En este suelo con presencia vegetal, se encuentran las siguientes mediciones: la muestra 1 tuvo un tiempo de infiltración de 80 segundos, la muestra 2, de 28 segundos y 65 centésimas, y la muestra 3, tiene un tiempo de infiltración de 92 segundos. Estos resultados indican una variabilidad mínima en los tiempos de infiltración, sugiriendo una tendencia clara por flujo constante, lo que infiere poca diferencia en las propiedades de permeabilidad del suelo arenoso en presencia o no de vegetación, por lo menos en este caso.

Al analizar los resultados obtenidos, se han identificado varios principios físicos que podrían explicar los fenómenos observados. Uno de los principios relevantes es la ecuación de Horton, que describe cómo la tasa de infiltración del suelo disminuye exponencialmente con el tiempo hasta estabilizarse en una tasa constante. En el contexto de los

resultados obtenidos, las diferencias entre las muestras podrían ser el resultado de variaciones en las tasas de infiltración iniciales y constantes. Por ejemplo, la muestra 2, que presentó un tiempo de infiltración bajo, podría haber alcanzado rápidamente una tasa de infiltración constante debido a una mayor permeabilidad inicial. En cambio, las muestras 1 y 3, con tiempos de infiltración más altos, podrían reflejar una mayor resistencia inicial a la infiltración antes de alcanzar la estabilización.

La infiltración en suelos arenosos también puede estar influenciada por la capilaridad y la presión capilar presentes. La adhesión del agua a las partículas del suelo y su paso a través de los poros capilares puede variar según la estructura y composición del suelo, así como la vegetación presente. La existencia de césped puede aumentar la porosidad y mejorar la capilaridad del suelo, facilitando el paso del agua. Esto podría explicar por qué la muestra 2 mostró un tiempo de infiltración más bajo en comparación con las otras.

Además, la conductividad hidráulica del suelo, que mide la capacidad de este para transmitir agua, también puede variar. Una alta conductividad hidráulica está asociada con suelos bien estructurados y con buena porosidad. La variabilidad observada en los tiempos de infiltración podría indicar diferencias en la conductividad hidráulica entre las muestras. La muestra 2, con el tiempo de infiltración más bajo, sugiere una mayor conductividad hidráulica en comparación con las muestras 1 y 3.

La Ley de Darcy describe el flujo de fluidos a través de un medio poroso, estableciendo que la tasa de flujo es proporcional a la diferencia de presión y a la conductividad hidráulica del medio. En nuestro estudio, las variaciones en los tiempos de infiltración podrían interpretarse como diferencias en la conductividad hidráulica y en la presión

ejercida por la vegetación y la estructura del suelo. La muestra 2 podría presentar una menor resistencia al flujo, lo que concuerda con una mayor conductividad hidráulica.

El flujo laminar, caracterizado por un movimiento suave y regular del agua (como el simulado en la metodología de simulación de precipitación), es crucial para una infiltración eficiente. La muestra 2, con su menor tiempo de infiltración, sugiere que el flujo laminar fue más predominante en esa muestra, permitiendo un rápido paso del agua a través del perfil del suelo. En contraste, los tiempos más largos observados en las muestras 1 y 3 podrían indicar interrupciones en el flujo laminar debido a irregularidades en la estructura del suelo.

El balance hídrico del suelo, que considera la entrada y salida de agua, es fundamental para entender la capacidad de infiltración. La variabilidad observada en los tiempos de infiltración podría estar influenciada por el balance hídrico local en cada punto de muestreo. Las diferencias en la retención de agua por la vegetación y en la evaporación podrían contribuir a los resultados dispares.

El interflujo constante de agua dentro del suelo puede afectar la infiltración al redistribuir el agua. En áreas con una vegetación densa, este fenómeno puede ser más pronunciado, mejorando la infiltración en ciertas zonas. La muestra 2 podría haberse beneficiado de un interflujo más efectivo, resultando en un tiempo de infiltración más bajo, aún cuando la cantidad de vegetación era la misma en todas las muestras.

Este estudio proporciona una comprensión más profunda de cómo la vegetación y la estructura del suelo arenoso influyen en la capacidad de infiltración. La aplicación de estos principios en el análisis de los resultados permite una interpretación detallada,

destacando la importancia de considerar múltiples factores en el estudio de la infiltración del suelo. Estos hallazgos son relevantes para la gestión del agua en áreas afectadas por sequías, relacionándose con estudios sobre la pluviosidad del suelo y los efectos de la deforestación y el deterioro del suelo por meteorización.

5. Reflexiones

Con los resultados obtenidos en la presente indagación, se han proporcionado diversos esquemas que han ayudado a esclarecer ciertos puntos formulados previamente a la realización del experimento. Uno de los principales aprendizajes conceptuales obtenidos se relaciona con la comprensión de la dinámica de infiltración de agua en suelos arenosos. Se ha aprendido que la porosidad y compactación del suelo son factores determinantes en la capacidad de infiltración en un suelo uniforme y de similar compactación y composición (partículas finas). La vegetación desempeña un rol crucial en la modificación de estas propiedades, afectando la retención y el movimiento del agua a través del perfil del suelo. Este conocimiento es esencial para entender cómo diferentes tipos de suelo y coberturas pueden influir en la gestión de recursos hídricos y en la planificación del uso del suelo en áreas con características similares. Además, se ha observado que la tendencia de infiltración varía en función de la presencia de alguna o varias de estas características, destacando la importancia de la homogeneidad en la estructura del suelo y su influencia en la distribución del agua. Incluso pequeñas variaciones en la compactación y porosidad pueden resultar en diferencias significativas en los tiempos de infiltración, lo que se relaciona con la composición de isotermas y napas subterráneas.

En el ámbito procedimental, este estudio ha permitido desarrollar y perfeccionar habilidades técnicas y metodológicas esenciales para la investigación científica. Utilizando de forma rudimentaria elementos de fácil acceso (cotidianos), la recolección de muestras de suelo y su preparación para el experimento requirieron una atención meticulosa para asegurar su elección. Instrumentos como la jarra medidora, el cronómetro y la balanza digital fueron fundamentales para la obtención de datos reproducibles. A lo largo de este proceso, se enfatizó la importancia de seguir procedimientos estandarizados para minimizar errores y garantizar la validez de los resultados. Esta experiencia práctica en la aplicación de técnicas de medición y análisis refuerza la comprensión de los métodos científicos y su aplicación en estudios ambientales. Además, la metodología empleada para simular la precipitación y medir los tiempos de infiltración ha proporcionado una base sólida para futuras investigaciones con elementos de mayor sofisticación o técnicos.

En el ámbito actitudinal, este trabajo ha fomentado el desarrollo de una actitud crítica y reflexiva hacia el proceso de investigación científica. La necesidad de observar y registrar meticulosamente cada etapa del experimento, así como de analizar los resultados con objetividad, ha sido esclarecedora para avanzar en estos procesos de una forma considerada profesional. Se ha aprendido que la importancia de la repetición, estandarización y registro de datos influye en la precisión de estos en una investigación científica. Cada dato recolectado contribuye a una comprensión más profunda del fenómeno estudiado, subrayando la importancia de la perseverancia y la paciencia en el trabajo de campo y de laboratorio, ya que la obtención de datos y su interpretación requieren dedicación y tiempo.

La presente investigación ha demostrado que diversos elementos pueden afectar la tendencia de infiltración del agua y la reposición de napas subterráneas. Esto es crucial para entender fenómenos relacionados con desastres como la sequía o incendios forestales incontrolables. Este estudio puede llegar a ser relevante para entender mejor los fenómenos que afectan a la comuna de San Juan de la Costa, en la Región de los Lagos, que se ve afectada por sequías recurrentes en verano y constantes incendios forestales debido a la deforestación. Los hallazgos de esta investigación pueden beneficiar a quienes buscan entender por qué San Juan de la Costa sufre más sequías en épocas de altas temperaturas que afectan a la región en general.

Ruiz, E., & Martínez, M. (2015). Hidrología Aplicada [Infiltración y Humedad del Suelo. línea]. Disponible en: https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/47724/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_4.pdf.

Semarnat - Degradación del suelo. (s. f.). https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.2_Degradacion/index.htm

6. Referencias bibliográficas

- Agrarias, O. D. E. P. (2013). Estudio: "Cambio climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequías". Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.
- CEPAL, N. (2017). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina.
- García-Hernández, Mónica Alejandra, Castellanos-Vargas, Iván, Cano-Santana, Zenón, & Peláez-Rocha, Cinthya M (2008). Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. *Terra Latinoamericana*, 26(1), 21-27. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000100003&lng=es&tlng=es.
- González, P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. In Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN, Chile.
- Muñoz, I., & Miranda, O. (1985). Manejo de suelo y velocidad de infiltración del agua de riego en un parronal cv. Sultanina.
- Ponce, V. M. (s/f). *Hidrología General*.
- Rivera, Ú., Saturnino, J., & Yader, D. D. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 889-894.
- Rodríguez, M. G. (2013). Estimación de la infiltración del agua de lluvia con permeámetro de Guelph. M+ A: Revista Electrónica de Medioambiente, 14(1), 11.