

# VARIACIÓN DEL EXCEDENTE HÍDRICO SEGÚN HUMEDAD Y TEXTURA DEL SUELO

BASTIAN ELGUETA

OMAR VARGAS

## Resumen

El propósito de la investigación es determinar cómo varía el excedente hídrico del suelo bajo diferentes condiciones de textura y humedad. Para esto, la definición de conceptos como porosidad, infiltración, rendimiento específico y excedente hídrico se vuelve fundamental, para una real comprensión real de la indagación científica. Estos conceptos ayudan a entender y comprender procesos naturales como la escorrentía y el anegamiento, los cuales afectan tanto al sector económico como a las personas que habitan en territorios donde el excedente hídrico es un problema. En el sector agrario de aquellas zonas, el excedente hídrico puede afectar la saturación del suelo, provocando inundaciones en los cultivos y causando pérdidas significativas. Para los habitantes que viven en áreas donde el suelo no cuenta con capacidad de filtración, esto puede llevar a escorrentías o anegaciones en los suelos, resultando en inundaciones en algunas viviendas.

**Palabras Claves:** Balance hídrico del suelo, porosidad, agua superficial y subsuperficial, humedad.

## 1. Marco teórico

El cambio climático se está produciendo desde hace años. Éste ha logrado hacer transformaciones significativas dentro del planeta Tierra que afectan en su totalidad a todos los organismos que habitan en él. Estos cambios o transformaciones se han dado en varias esferas, dentro de la cual se logra encontrar los cambios que afectan tanto al medio ambiente como a las actividades económicas que dependen de los recursos naturales que se obtienen del planeta, como lo son el agua y el suelo, dos variables principales dentro de la investigación y de la problemática a estudiar.

Si bien el cambio climático es una realidad, que no se reproduce de una forma homogénea en todo el territorio planetario, pero si tiene patrones que se logran observar a largo plazo como el aumento de las temperaturas anuales que se producen en el planeta, sumados a otras variables y factores condicionantes del territorio y, que como es conocido, se interrelacionan entre sí para generar el panorama actual. Uno de los factores que potencia y a su vez se ve potenciado por el cambio climático es el uso del agua por parte de la acción del hombre, que ayuda a un agotamiento de este recurso a la vez que existe una menor oferta de éste, lo que ha llevado a utilizar nuevos sistemas o técnicas para su obtención.

Por otra parte, también se presenta el aumento de precipitaciones, que sumado al uso de la tierra por la acción del hombre,

como lo puede ser en el sector agrario, como también en el sector forestal, producen problemas como el anegamiento del suelo. Por lo general, esto ocurre cuando los suelos se encuentran agotados en su sistema de infiltración debido a la deforestación, urbanización (disminuyendo la materia orgánica del suelo y el espacio disponible para el desarrollo de los demás seres vivos) o transformación de cultivos que tienden a insertar una sola especie en determinadas áreas para el aprovechamiento humano. Estos problemas producidos por el hombre en su conjunto, ha traído consecuencias en el área agropecuaria mundial.

Con el aumento de las precipitaciones en algunas regiones, se observa una subida en la capa freática (límite de las napas subterráneas), produciendo inundaciones en los cultivos. Estas inundaciones pueden generar un excedente de minerales que las especies cultivadas no pueden soportar, resultando en grandes pérdidas de cultivos. Un ejemplo reciente es el caso de Argentina, donde anegaciones e inundaciones han causado millonarias pérdidas, desestabilizando su economía y afectando no solo al sector agropecuario, sino a la sociedad en general.

Por lo tanto, es de suma importancia tener conocimiento de la problemática que produce el exceso hídrico, especialmente en una región donde las precipitaciones están a la orden del día, como lo es la Región de Los Lagos; en particular, en la ciudad y capital provincial, Osorno, ubicada al sur de Chile, en el centro de la Región de Los Lagos, a 913 km de Santiago de Chile y a sólo 271 km de Argentina.

Se extiende entre los paralelos 40°21" y 40°46" de latitud sur y los 73°26" y 72°46" de longitud oeste. El clima de la ciudad se caracteriza por ser predominantemente templado lluvioso, con

temperaturas medias de 10,7° C, y precipitaciones que alcanzan los 1.500 mm (CEDER, 2008).

## 1.1 Presentación del problema

Volviendo al propósito de la investigación, este se centra en entender cómo varía el excedente hídrico del suelo bajo diferentes condiciones de textura y humedad. Para lograr esto, es fundamental definir conceptos clave como porosidad, infiltración, rendimiento específico y por supuesto excedente hídrico. Estos conceptos permitirán entender y comprender procesos naturales como la escorrentía y el anegamiento productos del excedente hídrico, que afectan tanto al sector económico como a las vidas de personas que habitan esta parte de la región en muchos de sus aspectos.

Por un lado, el sector agrario de la zona afecta la saturación del suelo por compactación producida por el pastoreo, por consiguiente, se disminuye la capacidad de infiltración y aumenta el excedente de agua, que logra provocar inundación en los cultivos afectando negativamente. En cuanto a los habitantes que se encuentran viviendo en zonas donde el suelo cuenta con poca capacidad de filtración y es capaz de provocar escorrentías o anegación en los suelos, llevando a la inundación de algunas viviendas, es necesario mencionar la necesidad de buscar nuevos espacios habitables, cultivables y aptos para la ganadería o la posibilidad de rehabilitar los suelos dañados para así retomar la vida normal de las personas luego de inundaciones y anegamientos frecuentes.

Como objetivo general de la investigación es: Comprender el comportamiento del suelo bajo ciertas condiciones de humedad

y textura luego del ingreso de agua de alguna fuente natural (recordemos que estas condiciones se han sometido a cambios en el último tiempo debido al cambio climático), específicamente cuando hay una saturación de la capacidad de infiltración que pueden tener distintos tipos de suelos.

Para esto se requiere realizar diversos trabajos previos que proporcionen la base para entender el planteamiento del problema ya descrito. La revisión de bibliografía es una parte fundamental de la indagación, ya que ayudará a comprender el fenómeno del exceso hídrico. Posteriormente, se describe una metodología que permitirá observar la reacción de diferentes tipos de suelo bajo ciertas condiciones climáticas simuladas a través de un experimento. Este enfoque permitirá también medir las variables involucradas, proporcionando datos concretos para el análisis.

## **1.2 Conceptualización**

A continuación, se describen los conceptos básicos que se deben conocer para comprender el fenómeno referido.

### **1.2.1 Balance hídrico del suelo**

La cantidad de agua que almacenan los suelos de un área determinada se realiza según un tiempo establecido, como puede ser un mes o un año y requiere de tan solo de la adición o sustracción de cantidades obtenidas. Para entender por qué se pierde o se gana la humedad, necesitamos estudiar los procesos físicos que afectan al agua en sus tres estados (líquido, sólido o vapor), para ello nos apoyaremos en la hidrología, ciencia que permite establecer

estas relaciones del agua, como un sistema complejo y unificado que se desarrolla sobre la tierra.

Las ganancias, las pérdidas y la retención del agua del suelo están contabilizadas dentro del balance hídrico del suelo. La reserva, ósea, la cantidad de agua retenida en la zona del agua de infiltración, es incrementada mediante el recargo efectuado por la precipitación, pero al mismo tiempo disminuye a través de la evapotranspiración (cantidad de agua existente en el suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas). Cualquier excedente de agua se dispone para la percolación hacia la zona de agua de saturación o bien para el flujo superficial. Cabe mencionar que, en ciertas zonas de relieves mayormente planos en donde no existe posibilidad de escurrimiento, se produce el fenómeno conocido como anegamiento en donde el excedente hídrico se queda en la superficie por una duración dependiente de las posibilidades de infiltración, de la profundidad de la napa, etc.

### **1.2.2 Porosidad**

La porosidad es la propiedad física de una roca, que define el grado hasta el cual contiene intersticios. Depende de la relación entre el tamaño, la forma y el modo de distribución de sus partes componentes en un material sedimentario permeable no consolidado; o del tamaño, forma y modo de canalización en una roca relativamente soluble como la piedra caliza; o del tamaño, forma y el modo de las fracturas en las rocas sedimentarias densas, ígneas y metamórficas.

En palabras más simples la porosidad define la cantidad y las características de los espacios intersticiales del suelo, a mayor porosidad más aguante de saturación por lo que el agua tiende a filtrarse mejor, al contrario, si existe menor porosidad existe mayor escurrimiento superficial, debido a que es más compleja la infiltración.

### 1.2.3 Humedad

La humedad del suelo es el término con que denominamos al agua que el suelo retiene mediante atracción molecular. Esta agua forma una capa alrededor de las partículas del suelo, llena los espacios pequeños semejantes a cuñas que existen entre ellas y puede llenar totalmente aún los más pequeños espacios intersticiales. Esta agua es retenida tan apretadamente que resiste cualquier fuerza que tienda a desplazarla.

El contenido de humedad del suelo varía enormemente, oscilando de la saturación parcial durante e inmediatamente después de periodos de lluvia prolongada, hasta un contenido mínimo después de una sequía de larga duración. En la zona intermedia del suelo la cantidad de agua es casi constante durante todo el año, excepto durante periodos de acrecentamiento del nivel de agua subterránea derivado de la lluvia.

### 1.2.4. Agua superficial y subsuperficial

El agua contenida en los continentes se puede clasificar en dos tipos: agua superficial (corriente o estancada sobre la tierra) y agua subsuperficial (ocupando aberturas y cavidades en el suelo o en las rocas).

El agua retenida a un metro o dos de la superficie se denomina agua de infiltración. El agua almacenada en cavidades del lecho rocoso se denomina agua de saturación.

La infiltración es uno de los factores que más determina el nivel de humedad de los suelos, es por ello, que se hace necesario comprender su funcionamiento, básicamente es un proceso mediante el cual el suelo absorbe agua. Esta agua repone primero el déficit de humedad del suelo, y todo el exceso restante continúa bajando hasta convertirse en agua subterránea, la cual penetra la superficie de los estratos del suelo y, moviéndose hacia abajo, llega hasta el nivel hidrostático (nivel máximo de las aguas subterráneas). Para ello los diferentes tipos de suelo cuentan con pasadizos naturales entre sus partículas y también con grandes fisuras, como los resquebrajamiento de tierra producidos por la sequedad, excavaciones de insectos y animales, cavidades resultantes de la putrefacción de las raíces de las plantas o bien porosidades producidas por la expansión y fusión de cristales de hielo.

El excedente de agua también puede fluir sobre la superficie terrestre, desde bajos a altos niveles, como agua de arroyada o escorrentía. A medida que se desplaza el flujo en un principio disperso se reagrupa hasta conducirse como escorrentía hacia el mar.

En resumen, la porosidad y la humedad son características propias de los suelos que definen el proceso de infiltración. Este fenómeno determina el balance hídrico, y cuando se encuentra en condiciones de saturación de humedad debido a diversos factores como la precipitación, genera un excedente de agua perceptible en la superficie. Este excedente hídrico, junto con

otros factores como la inclinación del terreno o la presencia de desagües para la escorrentía, provoca problemas como anegamiento e inundaciones en áreas habitadas o cultivadas, generando inconvenientes significativos para la vida de las personas en estos sectores.

### 1.3 Estudios relacionados

Para comenzar, se analizó el estudio llevado a cabo en una revista argentina llamada “El Campo”, titulada “Excedentes Hídricos” (De Miguel García & Bollatti, 2016). En este estudio se analiza los problemas que atraen los excedentes hídricos y de qué manera se pueden combatir para mitigar los efectos de esta problemática, donde lo fundamental es entender este inconveniente para tener un buen manejo del suelo.

Esta investigación implicó realizar análisis matemáticos y utilizar sistemas de predicción climática para desarrollar sistemas de teledetección de estos fenómenos. Cabe destacar que estos son fenómenos globales que se están abordando mediante una planificación territorial.

El concepto de la gestión del balance hídrico mediante la planificación de los usos del suelo fue aplicado en Sudáfrica, donde Wageningen desarrolló una herramienta interactiva capaz de simular los impactos de los cambios en los usos del suelo sobre la disponibilidad de agua, su productividad (económica y rendimientos) y otros indicadores sociales y ambientales. (De Miguel García & Bollatti, 2016)

## 2. Metodología

### 2.1 Diseño del experimento

El objetivo del siguiente experimento es comprobar que la humedad y textura del suelo son factores que inciden en la cantidad de excedente hídrico que se presenta bajo distintas condiciones, es decir, responder a la pregunta: ¿De qué manera varía el excedente hídrico del suelo bajo diferentes condiciones de textura y humedad?.

El diseño del experimento se planificó para realizarse con facilidad y demostrar el fenómeno de manera clara. La hipótesis que guió este experimento fue que el excedente hídrico se regulaba por dos factores principales: humedad y textura del suelo (además de otros factores que no se examinaron a fondo debido a su menor incidencia). Se planteó que, mientras mayor fuera la humedad y menor la porosidad del suelo, más rápida sería la saturación y, por consecuencia, existiría excedente hídrico manifestado en forma de escurrimiento superficial. Por el contrario, si el suelo presentaba baja humedad y mayor porosidad, no se produciría la saturación del suelo, y, por lo tanto, tampoco sería apreciable el escurrimiento superficial asociado al excedente hídrico.

Entonces, para medir y comparar las distintas variables que modificaban la conducta del fenómeno, se procedió a clasificarlas. En el caso de la textura del suelo, se observó el comportamiento del proceso en tres suelos con características contrastantes debido a sus diferencias: arcilla, limo y arena, que presentaban porosidad mínima, media y máxima, respectivamente. Por otra parte, el factor humedad del suelo se dividió en tres niveles distintos: húmedo, semihúmedo y seco, refiriéndose a la cantidad de agua presente en el suelo antes de agregar el elemento agua.

Los instrumentos utilizados para el experimento fueron:

- 1 pala.
- 2 kilos de suelo arenoso húmedo.
- 2 kilos de suelo arenoso semi húmedo.
- 2 kilos de suelo arenoso seco
- 2 kilos de suelo arcilloso húmedo.
- 2 kilos de suelo arcilloso semihúmedo.
- 2 kilos de suelo arcilloso seco.
- 2 kilos de suelo de limo húmedo.
- 2 kilos de suelo de limo semihúmedo.
- 2 kilos de suelo de limo seco.
- Una pesa.
- 9 recipientes para dejar la tierra (vasos de plástico).
- 2 recipientes para el agua (al menos uno debe contar con medición de volumen, ya sea cc o ml).
- 10 litros de agua.
- 1 cronómetro.
- 1 cámara fotográfica (opcional).
- Lápiz.
- Cuaderno.

## 2.2 Procedimiento

Habiendo reunido estos instrumentos y materiales el procedimiento es el siguiente. Primero se pesaron los distintos tipos de suelo secos, para asegurar que cada recipiente contuviera la misma cantidad de suelo. Luego, se agregó agua a las muestras de suelo húmedo y semihúmedo. Se utilizó un instrumento de medición, como una jarra, para añadir 300 ml de agua al suelo semihúmedo y 600 ml al suelo húmedo. Esto permitió diferenciar la cantidad de humedad en el suelo antes de simular el fenómeno de precipitación.

A continuación, se prepararon los recipientes para el experimento. Estos recipientes debían ser de la misma medida y se cuidó que tuvieran aberturas en la base para simular el proceso de infiltración.

Una vez que los suelos fueron pesados, colocados en los recipientes y diferenciados según su nivel de humedad, se procedió a regar cada tipo de suelo con dos litros de agua, simulando la lluvia.

Al comenzar el riego, se inició la medición del tiempo con un cronómetro para registrar el momento exacto en que el suelo comenzara a saturarse y se manifestara el exceso hídrico.

El objetivo fue comparar el tiempo necesario para que se produjera el excedente hídrico según el tipo de suelo. Se esperó que los tiempos de saturación variaran en función de los distintos factores manipulados, como la textura del suelo y el nivel de humedad.

Imagen 1. Tipos de suelo



Fuente: Elaboración Propia.

## 3. Resultados

### 3.1 Sistematización de la información

El experimento fue realizado en 3 ocasiones para los 9 tipos de suelo comparados, obteniéndose un total de 27 muestras del actuar del fenómeno en distintas condiciones (Suelos de 3 tipos de textura: Arena, limo y arcilla; Y 3 tipos de humedad: Húmedo, semihúmedo y seco). El método utilizado, descrito en el capítulo anterior de esta indagación, trata básicamente de modificar las condiciones del suelo (textura y humedad), con el fin de determinar en cuánto tiempo se observa un excedente hídrico, luego, de agregarle 2 litros de agua a muestras de 500 g de distintos tipos de suelo.

Al realizar el experimento se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Cantidad de segundos en los que es posible observar excedente hídrico en las muestras de suelo, luego de agregar en ellas 2 litros de agua en forma de lluvia.

Textura/ Humedad	Seco	Semihúmedo	Húmedo
Arena	10	7	5
	11	8	4
	10	8	4
Limo	8	6	4
	8	6	3
	9	7	4
Arcilla	5	5	3
	5	5	3
	6	4	4

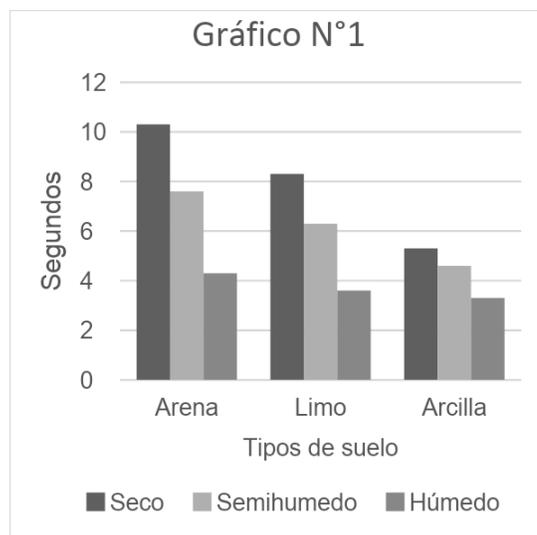
Fuente: Elaboración propia.

Los tiempo en los que se presentó excedente hídrico fueron:

- Arena seca: entre 10 a 11 segundos ( $\bar{x}$ : 10.3)
- Limo seco: entre 8 a 9 segundos ( $\bar{x}$ : 8.3)
- Arcilla seca: entre 5 a 6 segundos ( $\bar{x}$ : 5.3)

- Arena semihúmeda: entre 7 a 8 segundos ( $\bar{x}$ : 7.6)
- Limo semihúmedo: entre 6 a 7 segundos ( $\bar{x}$ : 6.3)
- Arcilla semihúmeda: entre 4 a 5 segundos ( $\bar{x}$ : 4.6)
- Arena húmeda: entre 4 a 5 segundos ( $\bar{x}$ : 4.3)
- Limo húmedo: entre 3 a 4 segundos ( $\bar{x}$ : 3.6)
- Arcilla húmeda: 3 a 4 segundos ( $\bar{x}$ : 3.3)

Gráfico 1. Promedio de tiempo (en segundos) en donde se observa el excedente hídrico, dividido por tipo de suelo según textura y humedad.



Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos en la indagación, la arena seca (imagen 2) presenta una mayor capacidad de saturación, requiriendo más tiempo y una mayor cantidad de agua para que el excedente hídrico sea observable. En contraste, la arcilla húmeda se satura mucho más rápidamente, por lo que el excedente hídrico aparece en un menor tiempo y con una menor cantidad de agua.

Estas diferencias se deben a las características inherentes de cada tipo de suelo. La arena, al tener mayor porosidad debido a sus espacios intersticiales más grandes, permite que el agua se desplace con mayor facilidad hacia el interior del suelo gracias a la gravedad. Por otra parte, el limo, que contiene más materia orgánica y tiene espacios más reducidos, retiene el agua de manera más eficaz, lo que hace que la humedad permanezca en él por más tiempo entre ellos. Por lo que, la humedad permanece en él. Finalmente, la arcilla, al ser un material que se compacta fácilmente, tiene espacios intersticiales que se saturan rápidamente debido al desplazamiento de sus moléculas, lo que provoca que el excedente hídrico se genere con mayor rapidez.

Cabe destacar que la humedad del suelo jugó un papel muy importante, ya que se logró apreciar que en los tres tipos de suelo la relación se da de la misma forma respecto a la humedad: mientras más húmedo se encuentre el suelo, más rápido se produce el excedente, debido a que ya se cuenta con moléculas de agua ocupando los espacios intersticiales.

## 4. Discusión

### 4.1 Explicación de los resultados

Para recapitular la indagación científica realizada, se debe retomar los resultados de la metodología del experimento realizado. Cabe recordar que se utilizaron 9 muestras de diferentes tipos de suelos, modificando las condiciones de textura y humedad, divididas en 3 tipos de cada una (Textura:

Limo, arena y arcilla; Humedad: seco, semihúmedo y húmedo).

- 1) Limo: Un suelo muy compacto y fino. Es producido por la sedimentación de materiales muy finos arrastrados por las aguas o depositados por el viento. Por último, son suelos muy fértiles debido a la presencia de materia orgánica que logra descomponerse con rapidez, por esto es un suelo bien nutrido.
- 2) Arena: A comparación del suelo anteriormente nombrado, contiene pocos nutrientes, por lo que, son secos y pobres en elementos en fertilizantes. Como otra característica, este tipo de suelo retiene poca agua.
- 3) Arcilla: Como característica tiende a compactarse y al momento de regar este tipo de suelo se vuelve como una especie de “engrudo”. Debido a esta característica son suelos que presentan un pobre drenaje al momento de regarse. Este suelo presenta partículas pequeñas con minúsculos espacios de poros o microporos.

De estos tres tipos de textura de suelo, se recogieron muestras con diferentes niveles de humedad: suelo húmedo, semihúmedo y seco. Esta variación en las condiciones de las muestras permite obtener resultados comparables entre sí, con el objetivo de comparar las variables de humedad y textura de cada tipo de suelo y su incidencia en la capacidad de presentar un excedente hídrico observable.

Imagen 2. Arena seca



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados demuestran que, de acuerdo con las bases del marco teórico, la arena seca tiene una mayor capacidad de saturación debido a su textura, requiriendo más tiempo y una mayor cantidad de agua para presentar un excedente hídrico observable. En contraste, el limo, que posee una textura y capacidad de saturación intermedias (menor que la arena y mayor que la arcilla), tiende a presentar el excedente hídrico observable en una menor tiempo. Por último, la arcilla húmeda, con características de textura opuestas a las arena (es decir, una capacidad de saturación mucho menor,) presenta el excedente hídrico observable con una mayor rapidez que el limo y significativamente más rápido que la arena. Esto se debe al factor denominado como porosidad, que se entiende como la propiedad física de una roca o suelo, que define el grado hasta el cual contiene intersticios o espacios intersticiales del suelo. A mayor porosidad, mayor capacidad de saturación, lo que permite una mejor filtración del agua. En cambio, una menor porosidad implica mayor escurrimiento

superficial, debido a la dificultad de la infiltración.

Otra variable manipulada durante el experimento fue la humedad, la cual se comprobó que también afecta el comportamiento del excedente hídrico observable, como se muestra en la Tabla 1. Se observó que los suelos que ya tenían humedad antes de agregar agua requieren menos tiempo para presentar el excedente hídrico. Esto se debe a que los espacios intersticiales del suelo ya están parcialmente saturados con moléculas de agua. En contraste, las muestras semihúmedas aún tienen capacidad para absorber más agua debido a que su saturación no está completa. Finalmente, las muestras secas tienden a filtrar el agua de manera más eficiente, ya que los espacios intersticiales no presentan una saturación previa.

En resumen, el experimento permitió comprobar la incidencia de las condiciones de textura y humedad del suelo en el fenómeno denominado como excedente hídrico observable de la siguiente manera:

- Textura: A mayor porosidad del suelo mayor capacidad de infiltración, por lo tanto, es necesaria una mayor cantidad de agua para que se presente el excedente.
- Humedad: A mayor humedad del suelo los espacios intersticiales se encuentran más saturados, por lo que, la infiltración necesita de más tiempo y, consecuentemente, el excedente se presenta de forma más rápida y necesita una menor cantidad de agua agregada.

## 4.2 Discusión de los resultados: el aporte de la indagación

Se considera que la realización de este experimento no aporta nuevos datos al marco teórico previamente trabajado, dado que la información recopilada y el trabajo en terreno, confirmaron la validez de la hipótesis planteada. Sin embargo, se sostiene que el experimento contribuye al proporcionar una demostración práctica de la teoría formulada. Los datos conseguidos avalan el marco teórico de forma clara, es decir, el aporte de la indagación al estado del arte radica en ofrecer una serie de datos comprobables fácilmente a través de una metodología simple, que pueden servir como referencia para comprender fenómenos a escalas mucho mayores; o sea, sirven como base y primer acercamiento o referencia teórica a pequeña escala.

A pesar de no aportar descubrimientos significativos a la teoría existente, el experimento resulta revelador, ya que permite comprender el funcionamiento del proceso que determina el excedente hídrico, un fenómeno que, de no ser comprendido de forma adecuada, puede causar graves problemas en la vida de las personas. Además, al realizar este experimento, no solo se comprobaron teorías o hipótesis, sino que también se desarrolló una metodología relativamente práctica. Esta metodología puede ser utilizada como herramienta pedagógica para facilitar la comprensión y acercar el conocimiento práctico a estudiantes y al público en general, captando su atención mediante la indagación de problemas cercanos a la cotidianidad. Esto es sumamente importante para interpretar fenómenos de esta naturaleza, ya que permite plantear soluciones a problemas que afectan a una amplia gama de factores

y procesos presentes en el entorno con el que se interactúa.

## 4.3 Discusión de la metodología. Dificultades presentadas y mejoras en el procedimiento

En general, la metodología utilizada cumple su objetivo de demostrar la incidencia de los factores textura y humedad en la presencia del excedente hídrico observable de forma sencilla y clara. Los instrumentos utilizados en la medición son de fácil acceso, lo que permite la realización del experimento en un entorno educativo, por ejemplo. Aun así, el procedimiento no escapa de ciertas limitaciones, que deben ser abordadas para mejorar la aplicación del experimento. Estas son:

- 1) Se necesita una jeringa u otro instrumento de medición de líquidos para agregar los 100 ml de agua de forma exacta (esto no se detalló en la metodología paso a paso, la cual sufrió modificaciones en las proporciones al momento de realizar el experimento con el propósito de hacerlo más práctico: de 2 kilos de tierra por muestra a 500 gramos; de 2 litros de agua agregada a 100 ml).
- 2) Las muestras de tierra deben ser cuidadosamente diferenciadas entre sí. Se recomienda evitar la extracción de muestras de lugares próximos, para obtener resultados más comparables.
- 3) Es necesario pesar cada tipo de suelo en estado seco antes de modificar las condiciones de humedad. Esto garantiza que todas las muestras contengan la misma cantidad de suelo. Seguido de eso, se deben agregar cantidades de agua determinadas y medidas a

cada muestra para ser humedecerlas uniformemente, lo que facilitará una comparación aceptable y reducirá la influencia de factores externos.

- 4) Es necesario agregar mediciones adicionales, como la cantidad de agua infiltrada por el suelo. Esto se puede hacer colocando un recipiente bajo los vasos que contienen las muestras de suelo y midiendo la cantidad de agua que se desprende. Esta adición permitiría incorporar una variable adicional al experimento, haciéndolo más completo. Sin embargo, también sería necesario investigar otros procesos para comprender esta nueva variable de manera óptima.
- 5) Otra medición que podría ser útil es la distancia desde la cual se agregan los 100 ml de agua en forma de lluvia. Esta distancia debe ser medida para asegurar que sea uniforme en todas las muestras, evitando así variaciones en el fenómeno observado.
- 6) Para efectos mucho más prácticos en la realización del experimento es necesario realizarlo en grupo de 2 o 3 personas. Esto entregaría mayor facilidad al realizar el procedimiento, y en la recolección de los materiales y muestras, con el fin de hacer el experimento más didáctico y práctico, además de la promoción de la colaboración y discusión, recordando que el propósito es utilizarlo como herramienta pedagógica en el aula.

## 5. Discusión

### 5.1 Aprendizajes obtenidos con la Indagación

A lo largo del desarrollo de la indagación, se ha logrado entender el funcionamiento de ciertos procesos físicos y químicos relacionados con el ciclo hidrológico en la Tierra, específicamente cómo inciden las condiciones de textura y humedad en el denominado excedente hídrico del suelo.

Para comprender bien este fenómeno, fue necesario estudiar los distintos tipos de suelo y su textura, así como la humedad que puede presentar el suelo. El primer factor, la textura, está relacionado con la porosidad del suelo, es decir, con los espacios intersticiales entre los materiales que lo componen. Estos espacios son determinados por procesos físicos que afectan el proceso de infiltración del agua. El segundo factor, la humedad, se relaciona con el balance hídrico del suelo y su capacidad para retener moléculas de agua, lo que involucra procesos químicos. Una vez que las partículas del suelo alcanzan su límite de capacidad, se produce el excedente hídrico en la superficie.

También se logró poner a prueba y mejorar una metodología de trabajo que permite realizar un experimento sencillo, simulando las condiciones existentes en la naturaleza para comprobar cómo varía el tiempo y cantidad de agua necesaria para producir el excedente hídrico según el tipo de suelo en donde se desarrolle. Por lo tanto, se pueden considerar alcanzados los principales objetivos de esta investigación, ya que, amplió el marco conceptual al caracterizar el comportamiento y la aparición del excedente hídrico. Asimismo, se puso en práctica este conocimiento mediante el desarrollo de un experimento que puede ser utilizado como herramienta didáctica en la enseñanza de la geografía. Cabe recalcar,

que este experimento fue diseñado de forma sencilla para ser realizado en una sala de clases con estudiantes de educación media en adelante.

También, es necesario recalcar que los resultados obtenidos coinciden con lo esperado, lo que confirma la validez del marco teórico seleccionado. En cuanto a la investigación como herramienta pedagógica, se considera muy útil para el aprendizaje autónomo de los estudiantes de educación media, ya que ofrece una experiencia fuera de lo convencional y permite obtener una visión más amplia de los problemas geográficos, tanto a pequeña como a gran escala.

Para llevar a cabo esta investigación y aplicar la metodología de trabajo, es fundamental utilizar materiales que estén al alcance de tod(as). Por otro lado, desde una perspectiva actitudinal, se logró una efectiva coordinación en el equipo de trabajo. El trabajo en equipo, llevado a cabo de manera simultánea y con apoyo mutuo, fue esencial para alcanzar los objetivos propuestos. Aunque este tipo de conocimiento puede parecer secundario, es crucial para lograr un aprendizaje significativo mediante la colaboración entre compañeros(as).

Por último, esta indagación proporciona una comprensión más amplia de los problemas investigados y su impacto a gran escala, para así, lograr aportar conciencia sobre los problemas a escala global que están afectando a todos(as), destacando la importancia de abordar estos desafíos de forma informada y colaborativa.

## **5.2 Interpretación de fenómenos geográficos a escala global**

En cuanto a la interpretación de problemas o fenómenos globales a partir de esta indagación, es necesario considerar el contexto en el que se desarrolla el experimento.

Para comenzar, se puede afirmar que el problema de indagación es un fenómeno recurrente en la región, y en áreas donde prima lo silvoagropecuario, que incluyen los sectores agrícola, forestal y ganadero. Debido a las actividades como la deforestación logran cambiar el uso del suelo, afectando a los nutrientes del suelo logrando ser un agente de cambio afectando a la capacidad de filtración.

Otro problema asociado a la erosión del suelo es la anegación o inundación que puede afectar a las plantaciones. Este anegamiento influye en los cultivos dependiendo de su duración: si el agua permanece en la superficie por un período corto (de 3 a 5 días), los cultivos pueden tolerar esta anoxia temporal.

Luego, si pasan más de los días ya indicados comienza afectar al cultivo. Se logran observar las hojas amarillentas, clorosis férrica, esto se produce debido a que el agua que está en la superficie, anegada, desplaza el oxígeno y comienza a afectar esto a los cultivos. Otro problema que se produce en los cultivos es el estancamiento de las raíces, esto quiere decir, que no logran crecer. Pero a pesar de ser un problema, esto tiene solución si se logra hacer a tiempo, ya que, se pueden recuperar los cultivos, aunque quedan más bajas.

En resumen, los resultados que puede tener el anegamiento (agua superficial en el suelo) en el suelo son pérdida de cobertura del suelo, compactación del suelo, por lo que, tiene una relación directa con la capacidad

de infiltración del agua que puede tener el suelo, disminución de la porosidad y, por lo tanto, disminución de la infiltración, pérdida temporaria de actividad biológica, pérdida de materia orgánica y variaciones en el PH.

Asimismo, se produce una variación en la población de malezas. Generalmente el agua lleva semillas y lotes que no presentaban problemas de malezas, luego del anegamiento se “ensucian” y muchas veces con malezas problemáticas y resistentes.

Por lo tanto, el exceso hídrico afecta de manera directa al cultivo, pero, el daño al cultivo dependerá de la rapidez de la solución. Por otro lado, también están los efectos que puede tener debido a la deforestación, produciendo cambio en la composición del suelo y a su porosidad.

## 6. Bibliografía

- Aguilar, J. A. P. (2004). *Cambios de usos del suelo y régimen hídrico en la rambla de Poyo y el barranc de Carraixet* (Doctoral dissertation, Universitat de València).
- Córdova, K. (2002). Impactos socio-ambientales de la variabilidad climática. Las sequías en Venezuela. Desde: <https://www.redalyc.org/html/721/72102802/>
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistema de riego. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (CIIA). Primera Edición, San José, Costa Rica. Capítulo 6. p. 143-168.
- Strahler, A. and Strahler, A. (1984). Geografía física. 3rd ed. Padova: Ediciones Omega S.A. Inzunza, J. (2006). Meteorología descriptiva. Capítulo 5. Humedad en la Atmósfera. Concepción: Universidad de Concepción. Revista Geográfica del Sur.
- Wisler, C. (1959). Hidrología. Rio de Janeiro: SEDEGRA. Monforte. (2003). El Catabolismo. Barcelona, España.