

# ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y EL TIEMPO DE RETARDO CON Y SIN VEGETACIÓN

RENATO ARIAS

DAFNE VARGAS

## Resumen

El presente proyecto de investigación se propone responder a la pregunta sobre el tiempo de retardo del agua de lluvia, fundamentándose en una hipótesis inicial. Se simularon las condiciones de lluvia ocurridas a principios y finales de la temporada invernal. El objetivo principal consistió en observar similitudes y diferencias entre estas dos fases del invierno, calculando específicamente el tiempo de retardo tras la simulación de la precipitación. Para ello, se compararon dos bloques de tierra colocados en una bandeja metálica cónica: uno con vegetación y otro sin vegetación. Esta comparación permitió evaluar el efecto de la escorrentía superficial provocada por las lluvias invernales y el tiempo de retardo en los dos tipos de suelo. El experimento se llevó a cabo utilizando materiales simples y básicos.

**Palabras clave:** Cobertura de vegetación, tiempo de retardo, tipo de suelo y escorrentía superficial.

## 1. Introducción

Este artículo presenta un proyecto de indagación científica que aborda la pregunta-problema relacionada con el tiempo de retardo del agua de lluvia. Se busca observar el efecto provocado por las lluvias ocurridas a principios y finales de la temporada invernal. El objetivo principal es identificar similitudes o diferencias entre estas dos fases del invierno, calculando específicamente el tiempo de retardo tras la simulación de la lluvia. Para ello, se comparan dos bloques de tierra extraídos y colocados en una bandeja metálica cónica: uno con vegetación y otro sin vegetación.

El estudio se centra en la escorrentía superficial causada por las lluvias invernales y el tiempo de retardo en los dos tipos de suelo. Se utilizaron materiales simples y básicos para llevar a cabo el experimento. La metodología y el diseño del experimento se detallan a continuación, junto con la información recopilada mediante observaciones y la realización del experimento in situ. Los resultados obtenidos se presentan en un gráfico que facilita su comprensión.

Finalmente, se discuten los efectos comprobados y la metodología empleada, junto con reflexiones y aprendizajes, permitiendo una comparación entre este proyecto de escala menor y los efectos geomorfológicos de escala mayor.

### 1.1 Pregunta e hipótesis

El proyecto de indagación científica se centra en la pregunta: ¿De qué manera la cobertura de vegetación de una cuenca influye sobre el tiempo de retardo de su

escorrentía superficial? Para abordar esta cuestión, se formuló la siguiente hipótesis: la presencia de pasto y el tipo de suelo actúan como factores que retrasan el tiempo de escorrentía, ya que la vegetación tiene la capacidad de absorber agua, lo que provoca una demora en el flujo superficial. En contraste, se considera que un suelo desprovisto de vegetación, como la tierra desnuda, no generaría un tiempo de retardo significativo.

Este planteamiento permitió avanzar en la recolección de materiales necesarios para llevar a cabo el experimento, con el objetivo de comprobar la validez de la hipótesis formulada.

## 2. Desarrollo de conceptos

La “cobertura de vegetación”, se define como la presencia de plantas (flora), tanto salvajes como cultivadas, que crecen de manera espontánea en una determinada área geográfica, ya sea sobre una superficie terrestre o en un medio acuático. Por otro lado, el término “cuenca” se refiere a una depresión en la superficie terrestre, un valle rodeado de elevaciones. El concepto de “cuenca hidrográfica” abarca un significado más amplio, haciendo referencia a una porción de la superficie terrestre cuyas aguas fluyen hacia un mismo río o lago. Finalmente, el “tiempo de retardo” o “lag” se entiende como el intervalo transcurrido desde el inicio de un aguacero hasta alcanzar la punta del hidrograma, representado el retraso en la escorrentía superficial.

Finalmente, se entiende por "escorrentía superficial" el agua que fluye sobre la

superficie terrestre, desplazándose desde las áreas más elevadas de los continentes hacia los fondos oceánicos.

## 3. Metodología

Como equipo de trabajo, se emplearon diversos materiales de uso cotidiano en el hogar para elaborar y construir la metodología del experimento que permitiría comprobar la hipótesis formulada. Los materiales utilizados fueron:

- Una fuente metálica de cocina.
- Una botella plástica de un litro y medio.
- Una pala de jardinería.
- Una regla metálica de 30 centímetros.
- Tijeras.
- Un cortacartón o cutter.
- Cartón.
- Un rastrillo de jardinería.

En primer lugar, se identificó un espacio específico adecuado para escarbar, picar y remover dos bloques de tierra asegurándose de que esta no estuviera ni demasiado seca ni demasiado húmeda para facilitar su manipulación. Una vez encontrado el lugar apropiado, se extrajeron dos bloques de tierra: uno con vegetación en su superficie (pasto) y otro que consistía únicamente en suelo sin vegetación. Se calcularon las dimensiones de la fuente elegida, con medidas de 20 centímetros de largo, 5 centímetros de alto y 7 centímetros de ancho. Estas dimensiones fueron fundamentales para determinar la cantidad de tierra que se necesitaría del bloque extraído.

Una vez preparados los simuladores de suelo, que consistían en un trozo de tierra con vegetación y otro sin vegetación, se colocaron en el interior de la fuente metálica de cocina, utilizando un cartón para dividirlos a la mitad. La fuente fue posicionada en la escalera a una altura de 23 centímetros respecto al suelo y a un ángulo de 15 grados.

Se empleó una botella de agua de un litro y medio, cuya tapa contenía orificios previamente realizados con tijeras, para simular las primeras lluvias. Considerando las estaciones del año, esta simulación se asemejó a la lluvia típica al inicio de la temporada invernal. Se realizaron dos simulaciones de lluvia en ambos trozos de tierra, contabilizando el tiempo de retardo de cada tipo de suelo. Con la ayuda del cronómetro del teléfono móvil, se midió el tiempo transcurrido desde la caída de la primera gota de agua hasta la última, permitiendo así evaluar el tiempo de retardo en cada caso.

Tras simular las primeras lluvias que representan los impactos iniciales del invierno en ambos tipos de suelo, se procedió a replicar las condiciones de las lluvias típicas de finales de invierno, momento en el que cualquier extensión de terreno se encuentra saturada debido a la acumulación de agua de lluvia. Esta segunda serie de simulaciones permitió evaluar cómo la saturación del suelo influye en el tiempo de retardo de la escorrentía superficial en cada uno de los tipos de suelo analizados.

Se siguió el proceso de saturación del suelo con agua, dejando reposar durante aproximadamente 15 minutos antes de realizar una nueva simulación de lluvia. Esta segunda simulación replicó las

condiciones típicas de finales de la temporada invernal, cuando el suelo ya se encuentra saturado. Utilizando nuevamente la botella de agua de litro y medio y el cronómetro, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en la primera simulación. Al analizar los resultados, se observó que los tiempos de retardo de la escorrentía superficial en esta segunda prueba fueron significativamente diferentes de los obtenidos en la primera simulación, lo que sugiere un impacto notable de la saturación del suelo en el comportamiento de la escorrentía.

Imagen 2. Proceso de simulación.



Fuente: Elaboración propia.

La imagen ilustra la disposición de la fuente, que fue dividida para albergar los dos tipos de suelo, permitiendo observar claramente el área de cada uno. Además, se puede apreciar la botella utilizada para simular la lluvia, la cual presenta varios orificios en su tapa, lo que permitió que el agua cayera de manera más difusa, replicando así un efecto de lluvia natural en lugar de un chorro directo, lo que es fundamental para una evaluación más

preciso del comportamiento de la escorrentía en los distintos tipos de suelo.

#### 4. Resultados

Los primeros resultados obtenidos tras la simulación inicial, que representó las primeras lluvias de la temporada invernal, mostraron diferencias significativas en el tiempo de retardo de la escorrentía entre los dos tipos de suelo. En el suelo con vegetación, el tiempo de retardo fue de 50 segundos en la primera simulación y de 80 segundos en la segunda. En contraste, el suelo sin vegetación presentó un tiempo de retardo de 40 segundos en la primera simulación, mientras que en la segunda el tiempo se incrementó considerablemente, alcanzando aproximadamente 300 segundos (o 5 minutos).

Estos resultados sugieren que, al inicio de la temporada invernal, cuando el suelo aún no se encuentra saturado, la vegetación desempeña un rol clave en la absorción del agua, reteniéndola parcialmente y ralentizando el flujo superficial. Esto refleja que el suelo con vegetación es más efectivo para retener agua, mientras que el suelo sin vegetación permite un escurrimiento más rápido en la primera simulación, aunque en la segunda tiende a acumular mayor cantidad de agua debido a la falta de cobertura vegetal que limite la velocidad de la escorrentía.

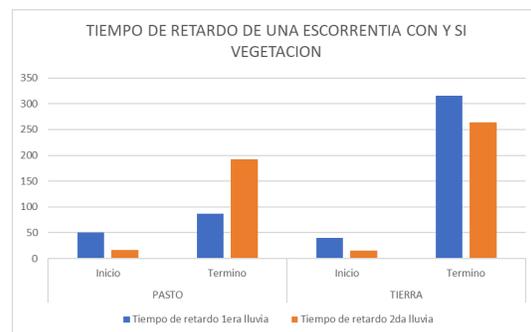
Para la segunda simulación, que representó las lluvias al final de la temporada invernal, se utilizaron los mismos métodos y herramientas que en la primera. Los resultados mostraron una variación notable en el tiempo de retardo debido a la saturación del suelo. En el

caso del suelo con vegetación, el tiempo de retardo de la primera lluvia fue de 20 segundos, mientras que en la segunda lluvia aumentó a 190 segundos (aproximadamente 3 minutos).

En el suelo sin vegetación, los resultados fueron 20 segundos en la primera lluvia y 260 segundos en la segunda (aproximadamente 4 minutos).

Estos datos indican que el tiempo de retardo en ambos tipos de suelo es significativamente menor al final del invierno en comparación con el inicio. Esto sugiere que, una vez saturado, cualquier tipo de suelo presenta una menor capacidad de absorción, provocando un flujo más rápido en la escorrentía superficial. Este fenómeno evidencia cómo las condiciones de saturación provocadas por las lluvias prolongadas afectan la cobertura vegetal. Por último, los resultados se representaron en un gráfico de barras para facilitar la visualización comparativa entre las simulaciones.

Imagen 2. Tiempo de retardo de una escorrentía con y sin vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra el tiempo en segundos que el agua tardó en escurrir desde una inclinación de 15° respecto al suelo hasta

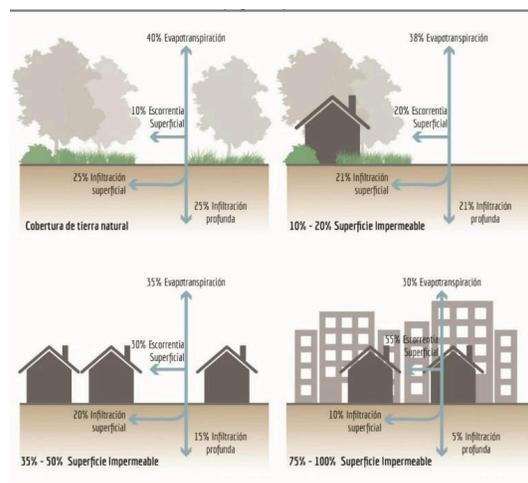
el borde de la bandeja metálica. En él, se registra el momento en que cayó la primera gota de agua y el tiempo de finalización de cada simulación. Además, el gráfico compara los tiempos de retardo en dos tipos de suelo: suelo con vegetación (pasto) y suelo sin vegetación (tierra). Esta representación visual permite observar claramente las diferencias en el tiempo de escurrimiento entre ambos tipos de suelo bajo las condiciones simuladas.

Además, se revisaron artículos científicos para contextualizar y comparar los resultados obtenidos en este experimento sobre escorrentía superficial y tiempo de retardo. Un ejemplo relevante es el artículo titulado “Cálculo de la transformación lluvia-escorrentía mediante un modelo Saint Venant 2D. Validación mediante datos de campo y laboratorio” (Garrido Armas, 2017). Este estudio aborda la modelización de la escorrentía superficial, considerando aspectos como la inclusión de obstáculos urbanos y la influencia de la distribución espacial de la precipitación. A través de cuencas artificiales en laboratorio, el artículo examina distintas configuraciones urbanas y eventos de precipitaciones, proporcionando un marco comparativo útil para el análisis del comportamiento de la escorrentía en contextos controlados.

La tesis doctoral analizada sugiere la importancia de planificar adecuadamente los espacios destinados a construcciones habitacionales en función de la dinámica de la escorrentía superficial. A nivel comunitario, esto implica considerar factores como el tipo de suelo y la presencia de vegetación para mitigar posibles impactos de las lluvias. Al

comparar estos estudios con nuestro proyecto de indagación, se observan enfoques metodológicos distintos; en este caso, la tesis emplea modelos de análisis y técnicas de síntesis más avanzadas, lo que permite obtener resultados con mayor precisión y profundidad en el análisis de datos y la simulación de ensayos.

Imagen 3. Relación entre impermeabilización y aumento del escurrimiento superficial.



Fuente: Bedogni (2019)

En esta imagen se puede observar la forma en la que se infiltra el agua por medio de los estados líquidos y evaporados; más en una cobertura de tierra natural a diferencia de cómo se infiltra menos en una superficie impermeable que podría ser el cemento o asfalto.

## 5. Discusión

Como equipo, surge la inquietud cómo los efectos simulados de la escorrentía superficial y el tiempo de retardo pueden impactar a nivel macro, especialmente en comunidades ubicadas cerca de zonas

montañosas. Estas áreas, debido a su ubicación geográfica, podrían verse significativamente afectadas por las últimas lluvias del invierno, incrementando el riesgo de inundaciones. A través de la metodología y la recolección de datos in situ, el proyecto indagativo nos ha permitido profundizar en conceptos clave, como la dinámica de la escorrentía y el tiempo de retardo, entendiendo sus implicancias en diferentes tipos de suelo.

Esta indagación permitió una experiencia práctica para simular y observar el comportamiento del agua en condiciones de inicio y finalización de la temporada invernal. A pesar de que el experimento se desarrolló a una escala reducida, ofrece una perspectiva sobre cómo estos fenómenos pueden proyectarse en entornos de mayor magnitud y complejidad.

El experimento realizado permitió contextualizar los resultados obtenidos en relación con la situación geográfica de Chile, país que, debido a su extensión y diversidad, presenta una variabilidad considerable en sus climas y tipos de vegetación. Estos factores influyen de manera diferenciada en los procesos de escorrentía superficial y en la susceptibilidad a inundaciones.

En el sur del país, donde predominan las áreas verdes, la abundante vegetación actúa como un factor retardante de la escorrentía, lo cual disminuye las probabilidades de inundación, salvo en casos de saturación extrema del suelo. En contraste, en el norte de Chile, donde la vegetación es escasa o inexistente en algunas zonas, la saturación del suelo ocurre de forma rápida, lo que incrementa el riesgo de inundaciones, caída de

escombros y aluviones causados por el desborde de los ríos.

Este análisis evidencia la necesidad de una gestión consciente y responsable en el control de inundaciones y manejo del agua en el país, tomando en cuenta las características particulares de cada región. Las estrategias de mitigación deberían adaptarse a las condiciones locales, con especial atención a los factores que promuevan la retención de agua en suelos con vegetación y a la creación de barreras naturales o artificiales en zonas con baja cobertura vegetal.

Este proyecto llevó a reflexionar sobre los riesgos que representa la escorrentía superficial y su tiempo de retardo en las inundaciones que afectan a sectores cordilleranos y valles centrales cercanos a desembocaduras de lagos y sus áreas aledañas. Al finalizar estos riesgos en ambos tipos de suelos durante las lluvias finales del invierno, se concluyó que es fundamental implementar medidas preventivas en las viviendas ubicadas en estas zonas vulnerables, ya que seguirán siendo susceptibles a inundaciones debido al corto tiempo de retardo causado por la saturación del suelo.

Asimismo, se realizó una revisión científica de la metodología empleada. Se discutió el desempeño del equipo, los materiales utilizados y el método aplicado para abordar la pregunta de investigación, aunque los resultados obtenidos fueron significativos, se reconoció que ciertos aspectos podrían optimizarse para lograr una mayor precisión y profundidad en futuros estudios.

## 6. Reflexiones

La realización de esta investigación científica permitió al equipo analizar y comprender los factores que provocan las diversas inundaciones en Chile, con mayor frecuencia en la zona norte del país. Esta región, caracterizada por una menor cobertura vegetal en comparación con el sur, enfrenta un mayor riesgo de inundaciones debido a la rápida saturación del suelo tras las lluvias constantes. La ausencia de vegetación contribuye a una menor capacidad de retención de agua, lo que intensifica la escorrentía superficial y el impacto de las precipitaciones. Este estudio destaca la importancia de entender las variaciones en la cobertura vegetal y su relación con la capacidad de absorción de los suelos a fin de desarrollar estrategias preventivas adecuadas para cada región del país.

La propuesta de reutilizar materiales básicos del hogar para llevar a cabo nuestro proyecto de indagación resultó ser una experiencia sorprendente. A través de herramientas sencillas y accesibles, logramos simular distintos tipos de suelo y observar el comportamiento de estos durante las primeras lluvias invernales. Aunque nuestras muestras de suelo fueron limitadas en comparación con la vasta extensión del territorio nacional, esta experiencia nos permitió comprender la crucial importancia de la vegetación y de las áreas verdes. Sin estas, el riesgo de inundaciones aumenta significativamente una vez que el suelo se satura. Este enfoque práctico subraya cómo métodos simples pueden contribuir a la comprensión de fenómenos ambientales complejos.

Desde una perspectiva diferente, se

mostró asombro al analizar los resultados obtenidos y al contextualizar la problemática de las inundaciones a nivel nacional. Se reconoció que, en las áreas donde habitan, la abundancia de zonas verdes actúa como un factor mitigante ante este fenómeno, siendo las inundaciones atribuibles en gran medida a las deficiencias en el sistema de alcantarillado y en la infraestructura vial. Sin embargo, al observar la situación en el norte del país, se evidenció que la falta de vegetación agrava significativamente la problemática, propiciando un escurrimiento más rápido del agua y, en consecuencia, aumentando el riesgo de inundaciones. Este hallazgo llevó a reflexionar sobre la importancia de la vegetación como un elemento crucial en la gestión de aguas pluviales y en la prevención de inundaciones, revelando un aspecto que no había sido considerado previamente como una de las causas principales de este fenómeno durante la temporada de lluvias.

Es fundamental que la población tome conciencia sobre la relevancia de las áreas verdes y la vegetación en la mitigación de problemas como las inundaciones, así como en la contribución a la lucha contra el cambio climático que se experimenta en la actualidad.

Para el equipo de trabajo detrás de esta investigación, la realización de esta indagación fue de gran importancia, ya que permitió identificar y comprender estas problemáticas; esto, ya que la experiencia no solo aumentó la conciencia sobre los desafíos ambientales, sino que también empoderó a los integrantes del equipo para explorar y aplicar medidas preventivas que puedan ayudar a evitar futuros desastres.

## **7. Bibliografía**

- Bedogni, G. (2019) Proyecto de drenaje y vialidad urbana interna para el loteo Macagno, Hernando (Bachelor's thesis).
- Garrido Armas, M. (2017). Cálculo de la transformación lluvia-esorrentía mediante un modelo Saint Venant 2D: validación mediante datos de campo y laboratorio.