

# FACTORES CLIMATOLÓGICOS DE LA REMOCIÓN EN MASA

JOSÉ ABELARDO GALLEGOS

CATALINA OLAVARRÍA

## Resumen

El presente artículo aborda la relación entre los factores climatológicos y los fenómenos de remoción en masa, así como las preocupaciones asociadas a la adecuada gestión de los recursos hídricos. A partir de la pregunta central que guía esta investigación, se plantean y desarrollan empíricamente dos hipótesis, las cuales se analizan en detalle a lo largo de los apartados que conforman este trabajo.

**Palabras clave:** Remoción en masa, tiempo de retardo y escorrentía superficial.

## 1. Introducción

El presente proyecto se vincula con diversos aspectos de la climatología, una disciplina perteneciente a la geografía, dedicada al estudio de los fenómenos meteorológicos y sus variaciones temporales. En este contexto, se analiza su relación con los procesos de remoción en masa, los cuales están determinados por factores como la pendiente, la naturaleza del material involucrado, el tiempo, entre otros aspectos que se abordarán a lo largo del artículo. Es fundamental aclarar algunos

conceptos clave que constituyen los pilares de este artículo. El primero es el “tiempo de retardo”, que se refiere a la diferencia temporal entre el momento de inicio de un fenómeno, como la precipitación, y la llegada de su efecto a un punto específico previamente delimitado según el objetivo del análisis.

El segundo concepto, más relevante en este contexto, es la “escorrentía superficial”, definida como el flujo de agua que se desplaza sobre la superficie del terreno bajo la influencia de la gravedad, sin infiltrarse en el suelo. Este proceso, esencial en el ciclo hidrológico, incluye el desplazamiento de agua generado por precipitaciones o el deshielo de la nieve. La escorrentía ocurre una vez que se superan las etapas de evaporación e infiltración, representando el volumen de agua remanente que fluye sobre la superficie terrestre hacia corrientes, ríos u otros cuerpos de agua.

El Programa de las Naciones Unidas (PNUD) para el desarrollo dice que existen diferentes tipos, desde la superficial (la más rápida, no llega a infiltrarse en la superficie del terreno por acción de la gravedad), la hipodérmica (precipitación que se infiltra en el terreno llegando a circular por el subsuelo a poca profundidad y distancia) hasta la subterránea (el agua se infiltra frenéticamente, la humedad del suelo, o intensidad de precipitación o características geológicas influyen aquí). Este “exceso” de precipitación suele producirse cuando la tasa de precipitación es superior a la cantidad de agua que se infiltra en la tierra, esto se conoce como flujo terrestre hortoniano y es habitual en regiones áridas ya que ahí suelen darse precipitaciones más intensas, lo que ayuda a que el agua se infiltre al ser superficies áridas y estar más secas.

Ahora el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPA)

de España, define a la escorrentía como agua que escurre por el drenaje hasta alcanzar la red fluvial, podemos decir que esta acción es necesaria para evaluar los recursos hídricos, la escorrentía es uno de los procesos más básicos dentro del proceso hidrológico como antes mencionamos, junto con la evapotranspiración, precipitación, infiltración y percolación.

En antiguas civilizaciones aprovechaban este proceso para optimizar la gestión y almacenamiento del agua, algunos de los usos de la escorrentía fueron destinados a regar los cultivos y siembras para el posterior consumo o generación de energía. También se ve desde un punto de vista más malo siendo este en cómo la escorrentía es la pérdida del suelo, esto tomando en cuenta que cuando las precipitaciones son más intensas sobre la superficie terrestre, esta última acaba disgregando en partículas que son arrastradas por la escorrentía depositándose bajo ríos o lagos, por esto causa impacto al suelo y su capacidad, pudiendo hacer perder su fertilidad o afectando al rendimiento de los cultivos en zonas superficiales.

Entre los procesos hidrológicos más influyentes en el desarrollo de la escorrentía se encuentran la infiltración, la evaporación, la precipitación y la interceptación superficial. Estos conceptos desempeñan un papel crucial en el marco del presente proyecto de indagación científica, ya que permiten comprender cómo interactúan la precipitación y los procesos de evaporación e infiltración en la generación de escorrentía.

Asimismo, resulta fundamental considerar la resolución espacial y temporal con la que se define la precipitación, ya que esta influencia directa en la dinámica del flujo superficial. Del mismo modo, la variación espacio-temporal de la precipitación adquiere

especial relevancia, dado que condiciona tanto la intensidad como la distribución de los procesos hidrológicos relacionados.

## 1.2 Estudios similares

A continuación, se revisan estudios relacionados que presentan hipótesis similares a las planteadas en este proyecto. Un ejemplo destacado es la tesis doctoral de Marta Garrido, titulada "*Cálculo de la transformación de la lluvia-escorrentía mediante un modelo Saint Venant 2D*" (2017). Este trabajo aborda la complejidad inherente a la medición espacial de la precipitación y analiza su influencia en diferentes cuencas hidrográficas italianas. Los resultados obtenidos en dicha investigación indican que, en cuencas pequeñas (aproximadamente 10 km<sup>2</sup>), el volumen total de precipitación sobre la zona tiene un impacto mayor que la distribución homogénea o heterogénea de la lluvia. En otras palabras, la uniformidad de la precipitación no afecta significativamente los resultados en cuencas de esta escala, lo que aporta un marco de referencia relevante para los análisis desarrollados en este proyecto.

En contraste, los estudios de Goodrich abordan las implicaciones de la precipitación homogénea desde un enfoque geoestadístico. Sus análisis revelan que los desvíos de primer orden en los gradientes de lluvia varían entre el 4% y el 14%, con diferencias medidas en una distancia de 100 metros. Este estudio concluye que los modelos de escorrentía basados en el mecanismo de exceso de infiltración son los más sensibles a estas variaciones, mientras que aquellos que emplean un mecanismo de saturación muestran una menor dependencia. En el contexto de cuencas urbanas, se destaca que las pequeñas cuencas urbanas presentan una respuesta rápida y

altamente sensible a los desplazamientos de tormentas. Estas cuencas, caracterizadas por su heterogeneidad, requieren una mayor resolución espacial y temporal a medida que disminuye su tamaño. En otras palabras, cuanto más pequeña es la cuenca, mayor es la precisión requerida en los parámetros espaciales y temporales para representar adecuadamente su dinámica hidrológica.

De acuerdo a estas indagaciones se reafirma que, en zonas semiáridas dominadas por tormentas convectivas la cuenca también tiene un tiempo de retardo muy rápido y es necesaria una representación de las precipitaciones para reproducir el caudal de la salida con precisión, por ende es importante la representación de la distribución espacial de la precipitación a pequeña escala (como el presente proyecto), ahora en un terreno contrario, por así decirlo, nos vamos a los estudios en áreas sub-húmedas, vemos las interacciones más complejas entre precipitación y características espaciales de la cuenca, aquí se destaca el artículo de Woods y Sivapalan (1999).

Este incluye componentes del ciclo hidrológico, casualmente este tiene grandes similitudes con nuestra hipótesis dos, en lo que refiere a si afecta o no el exceso de precipitación, en nuestro caso viene a ser enfocado en el tiempo de retardo y aquí, como vemos, va más hacia la distancia del flujo de la salida, la distribución del exceso de precipitación con respecto a la distancia del flujo a la salida de la cuenca resulta ser un gran factor influyente en la respuesta a la escorrentía, en este caso al distribución de la lluvia a la salida de la cuenca era bastante uniforme, la lluvia sobre esta fue suficiente para modelizar la escorrentía. Otro aspecto importante que toma este cálculo es la infiltración en la zona, aquí, dependiendo de la intensidad de la lluvia, permeabilidad y humedad del suelo, esta

se infiltra en él, el resto es lo que se vuelve escorrentía y fluye por la cuenca hasta llegar a un cauce cercano. volviendo al modelo Saint Venant 2D que propone este proyecto este es capaz de predecir precisamente la magnitud del caudal pico y también el instante en que se produce respecto al tiempo de retardo que conlleva, sino también el hidrograma generado para diferentes eventos de precipitación.

El segundo estudio relacionado se encuentra en la *\*Revista de Geografía Norte Grande\** y aborda el cambio de uso del suelo y su relación con la escorrentía superficial, mediante la aplicación de un modelo de simulación espacial en la ciudad de Los Ángeles, VIII Región del Bío Bío, Chile. Este trabajo utiliza un modelo de simulación espacial para evaluar los cambios en el coeficiente de escorrentía en dicha ciudad y sus alrededores durante el periodo comprendido entre 1998 y 2022. La metodología se basa en el enfoque del Servicio de Conservación del Suelo de Estados Unidos, lo que proporciona una sólida base técnica para el análisis.

El estudio abre importantes perspectivas para el uso de herramientas de análisis espacial en la evaluación del impacto ambiental desde una óptica geográfica. Además, ofrece un amplio repertorio de aplicaciones, como la exploración de mecanismos que impulsan los cambios en el uso del suelo, la relación con variables socioeconómicas derivadas de estos cambios y la influencia de diferentes alternativas y regímenes de manejo en los patrones de desarrollo y uso del suelo. Este enfoque destaca el potencial del modelo como herramienta clave para la planificación y gestión ambiental.

El análisis de estos estudios similares permite identificar que muchos consideran la escorrentía superficial como un elemento central en sus

investigaciones. Sin embargo, pocos abordan de manera detallada la variable del tiempo de retardo, lo que destaca la singularidad del presente proyecto. Este trabajo propone el tiempo como una variable significativa en la dinámica de la escorrentía superficial y se estructura en torno a la siguiente pregunta central: “¿De qué manera el grado de intensidad de una precipitación influye sobre el tiempo de retardo de la escorrentía superficial?”

Con base en esta interrogante, se plantean dos hipótesis principales. La primera sostiene que, a mayor intensidad de la precipitación, menor será el tiempo de retardo de la escorrentía superficial, considerando como conceptos clave la relación entre tiempo, volumen e intensidad de la lluvia. La segunda hipótesis establece que la magnitud del impacto en la escorrentía superficial depende directamente de la cantidad de agua precipitada, pudiendo ésta intensificarse o reducirse según el volumen involucrado. Estas hipótesis guían el desarrollo del artículo y sustentan la importancia de estudiar la interacción entre estas variables en el contexto hidrológico.

## 2. Metodología

El procedimiento llevado a cabo, con el fin de comprobar las hipótesis antes postuladas, se desarrolló en la localidad de cascada que es una aldea del sur de Chile perteneciente a la comuna de Puerto Octay, Región de Los Lagos.

Para empezar a confirmar o desmentir las hipótesis, se construyó una escorrentía superficial elaborado con un plástico que simula una superficie sólida, se hizo de esta manera para poder comprobar diferentes inclinaciones de esta, además para poder repetir de manera que no influyeran otros aspectos ajenos al

objetivo de este experimento, de manera que se pudiera reconstruir esta escorrentía de la misma manera que se había construido previamente, sin influencias de humedad post precipitaciones. Seguidamente complementarlas con elementos propios de una escorrentía superficial dada de manera natural, con esto se refiere a elementos como: piedras, arena, tierra, hojas, pedazos de árbol, etc.

Para simular diferentes tipos de precipitaciones (suaves e intensas) se ocuparon una regadera seguida de un colador con una potencia de parte de factores antropológicos muy leve, para aparentar un precipitación muy tenue de una intensidad de características como es cuando se presencia una llovizna; para el caso contrario, se utilizó una fuente, de características de tamaño grande alrededor de unos 50cm por lateral, y por supuesto que el factor antropológico en este caso se dio de una manera que la potencia ejercida a la hora de provocar esta precipitación sea una intensidad más elevada, de magnitudes semejantes a cuando ocurre un temporal.

Una vez definidas las características de los elementos y de las dos intensidades de precipitación utilizadas, se procedió a caracterizar la escorrentía bajo dos condiciones contrastantes: una en la que el suelo presentaba niveles significativos de humedad previa, y otra en la que los elementos del suelo se encontraban mayoritariamente secos. Este enfoque permitió analizar las diferencias en el comportamiento de la escorrentía en función de las condiciones iniciales del suelo.

El objetivo de esta caracterización fue comprobar cómo la humedad previa del suelo influye en los resultados, considerando la localidad específica donde se desarrollan los fenómenos estudiados. Este análisis aporta una base

empírica para validar la segunda hipótesis planteada en esta investigación, que sugiere que la cantidad de agua precipitada y las condiciones iniciales del suelo determinan la intensidad y variabilidad de la escorrentía superficial.

A la hora de experimentar se calculó el tiempo y la cantidad de agua. En el caso del agua se midió que fuera por precipitación una cantidad de 300 mililitros de agua, de este modo, no caer en sofismas que debido a una cantidad más o en el caso contrario menos, influyera en los resultados, con el mismo propósito se concretó la realización de 3 intentos del experimento completo, en este entran 2 veces por ángulo, en el cual en una de los dos es de 20 grados, los dos respectivos intentos por ángulo, son uno de una intensidad de precipitación leve y el otro de una intensidad más fuerte, por otro lado con los mismos procedimientos de las precipitaciones se elevó el ángulo a 45 grados de inclinación, se le sumó además el factor de la humedad por lo cual, lo antes mencionado se volvió a repetir pero con este factor, es por ello es que el total de veces de la realización del experimento fué de 24 veces.

Finalmente se realizó el análisis de los datos recopilados durante el experimento con el propósito de evaluar la validez de las hipótesis planteada.

### 3. Resultados

Para comenzar con el análisis de la primera hipótesis, se tomaron los datos correspondientes a las mediciones realizadas en un terreno con menor humedad inicial, bajo inclinaciones de 20° y 40°, según lo descrito en la metodología. La inclinación de 20° fue evaluada bajo dos intensidades de precipitación: suave e intensa. Para cada

intensidad se llevaron a cabo tres intentos, cuyos resultados se presentan a continuación.

En el caso de la precipitación de intensidad suave, los tiempos registrados fueron los siguientes: 19,05 segundos en el primer intento, 19,31 segundos en el segundo, y 15,92 segundos en el tercero. Estos valores arrojan un promedio, denominado en la tabla como "averar", de 18 segundos.

Para la precipitación de intensidad intensa, los tiempos medidos fueron significativamente menores. En el primer intento se obtuvo un tiempo de 9,73 segundos, en el segundo intento 8,65 segundos, y en el tercero 7,86 segundos, resultando en un promedio de 9 segundos.

Figura 1. Tabla con la recopilación de datos sobre el experimento.

Hipotesis 1, No Humedo.					
Angulo	Intensidad	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Averar
20°	Suave	19,5	19,31	15,92	18
	intensa	9,73	8,65	7,86	9
45°	Suave	17,9	15,47	16,96	17
	Intenso	6,5	8,90	7,47	7
Hipotesis 2, Humedo					
Angulo	Intensidad	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Averar
20°	Suave	13,68	11,28	13,11	13
	Intensa	7,32	6,48	6,8	6
45°	Suave	7,68	10,86	9,72	10
	Intensa	4,53	4,53	5,37	5

Fuente: Elaboración propia.

En el analisis correspondiente a los 45° de inclinación, se evaluaron las dos intensidades de precipitación; suave e intensa, mediante 3 intentos en casa caso. Para la precipitación de intensidad "suave", los tiempos obtenidos fueron 17.09 segundos en el primero intenso, 15,47 segundos en el segundo, y 16,96 en el tercero. Estos valores arrojan un promedio de 17 segundos. Por otro lado, en el caso de la precipitación de intensidad "intensa", los tiempos son significativamente menores. El primer intento registró 6,05 segundos, el segundo 8,90 segundos, y el tercero 7,47 segundos, lo que resultó en un promedio

de 7 segundos. Estos resultados refuerzan la observación de que la intensidad de la precipitación influye directamente en el tiempo de retardo de la escorrentía superficial. Al igual que en el caso anterior, se evidencia una relación inversa: a mayor intensidad de la precipitación, menor es el tiempo de retardo. Esto apoya la validez de la primera hipótesis planteada en el estudio.

En el análisis correspondiente a la segunda hipótesis, se examinaron los resultados obtenidos para una inclinación de 20°, evaluando las intensidades de precipitación suave e intensa en un terreno con mayor contenido de humedad inicial. A continuación, se detallan los datos obtenidos. En el caso de la precipitación de intensidad suave, los tiempos registrados fueron de 13,68 segundos en el primer intento, 11,28 segundos en el segundo, y 13,11 segundos en el tercero, lo que resultó en un promedio de 13 segundos. Por su parte, para la precipitación de intensidad intensa, los tiempos medidos fueron considerablemente menores. En el primer intento se obtuvo un tiempo de 7,32 segundos, en el segundo intento 6,48 segundos, y en el tercero 6,08 segundos, dando como resultado un promedio de 6 segundos.

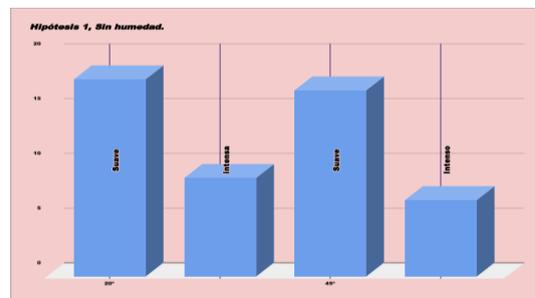
En el análisis correspondiente a una inclinación de 45°, se evaluaron los resultados obtenidos para las intensidades de precipitación suave e intensa en un terreno con mayor humedad inicial. A continuación, se presentan los datos detallados.

Para la intensidad de precipitación “suave”, los tiempos registrados fueron los siguientes: 7,68 segundos en el primer intento, 10,86 segundos en el segundo, y 9,72 segundos en el tercero. Estos valores resultaron en un promedio de 10 segundos. En cuanto a la precipitación de intensidad “intensa”, los resultados

mostraron una notable consistencia en los primeros dos intentos, con tiempos idénticos de 4,53 segundos. En el tercer intento, se registró un tiempo de 5,37 segundos, lo que llevó a un promedio final de 5 segundos.

Ahora estas tablas se dividirán en dos gráficos los cuales demostrarán de una mejor manera y también más detallada y con solo porcentajes de las hipótesis presentadas, entregando una demostración más ejemplificada de los resultados.

Figura 2. Tabla referente a la hipótesis uno y el experimento realizado.

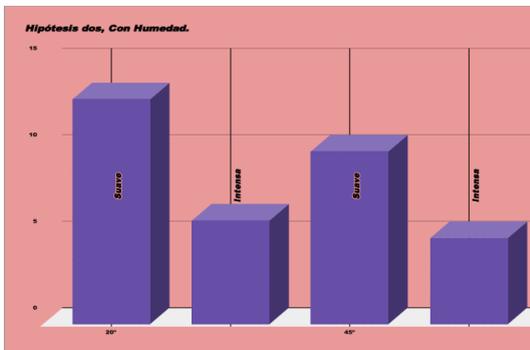


Fuente: Elaboración propia.

El primer gráfico presentado corresponde al análisis de la hipótesis uno, planteada en relación con el comportamiento de un cauce en condiciones de baja humedad (sin alcanzar saturación). Este análisis se realizó considerando dos inclinaciones del terreno (20° y 45°) y dos intensidades de precipitación (suave e intensa). En una inclinación de 20°, el promedio de tiempo registrado para la intensidad suave fue de 18 segundos, ubicándose claramente dentro del rango de 15 a 20 segundos representado en el gráfico. Por su parte, la intensidad intensa mostró un tiempo promedio notablemente menor, de 9 segundos, que se encuentra en el intervalo de 5 a 10 segundos y más cercano al límite superior de este rango. Este contraste resalta cómo el incremento en la intensidad de la precipitación reduce el tiempo de retardo en la escorrentía superficial.

Cuando la inclinación del terreno aumenta a 45°, el promedio para la intensidad *suave* disminuye ligeramente a 17 segundos, aunque permanece dentro del rango de 15 a 20 segundos. En el caso de la intensidad *intensa*, el promedio registrado fue de 7 segundos, situándose entre 5 y 10 segundos, pero más próximo al límite inferior de este intervalo. Esto demuestra que una mayor inclinación combinada con una precipitación más intensa acelera significativamente el tiempo de retardo.

Figura 3. Tabla referente a la hipótesis dos y el experimento realizado.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis del gráfico número dos está relacionado con la hipótesis número dos, centrada en el comportamiento del cauce cuando se encuentra en condiciones de saturación o "con humedad". En este contexto, se evaluaron nuevamente las inclinaciones de 20° y 45° junto con las intensidades de precipitación suave e intensa.

En una inclinación de 20°, el tiempo promedio para la intensidad *suave* fue de 13 segundos, ubicándose dentro del rango de 10 a 15 segundos en el gráfico. Por otro lado, la intensidad *intensa* mostró un tiempo promedio significativamente menor, de 6 segundos, lo que la posiciona dentro del rango de 5 a 10 segundos. Esto refuerza la tendencia observada previamente: una mayor intensidad de precipitación disminuye el tiempo de retardo de la escorrentía

superficial.

Con una inclinación mayor de 45°, el promedio de tiempo para la intensidad *suave* se reduce a 10 segundos, siendo más corto que el registrado para la misma intensidad en 20°. Finalmente, en el caso de la intensidad *intensa*, el tiempo promedio registrado es de 5 segundos, marcando el valor más bajo del análisis y ubicándose en el extremo inferior del rango de 5 a 10 segundos.

#### 4. Discusión de resultados

Como bien apuntan los resultados, las hipótesis planteadas fueron confirmadas.

Cuando se observa el corto tiempo de retardo de acuerdo al tipo de precipitación, resulta imposible el no preguntarse el porqué de esta situación, una teoría puede ser a causa en la forma de caer una masa de acuerdo a su volumen, que en el caso de la precipitación más fuerte fue que el volumen debido a que el tiempo de vertido es más rápido, se genera así una gran masa de materia, la atracción debido a la gravedad de la tierra hace que impacte con mayor rapidez contra el suelo, es por ello que siguiendo con el recorrido de la gravedad de la escorrentía, resulta evidente que el tiempo con el que se llega a un punto es menor que cuando el volumen de una masa es menos.

Al analizar los resultados en función de los ángulos, se puede observar que a mayor inclinación, el tiempo de retardo es más corto. Esto podría explicarse por el hecho de que, en ángulos más altos, el flujo de agua sigue una dirección más directa hacia el centro de gravedad, lo que permite que el agua se desplace con mayor rapidez. En cambio, cuando el ángulo es menor, el agua no se orienta directamente hacia el centro de gravedad, lo que hace que se disipe a lo

largo de la superficie antes de alcanzar el punto establecido.

En cuanto al factor de humedad, surge la pregunta de por qué, cuando los elementos del cauce están húmedos, las precipitaciones escurren más rápido. Esto podría deberse a que, cuando los elementos están secos, tienden a absorber el líquido que fluye por la escorrentía, lo que ralentiza el proceso. Por lo tanto, cuando el cauce está más húmedo, el agua fluye con mayor facilidad, ya que no hay absorción significativa de la humedad. En cambio, cuando los elementos están casi en su totalidad secos, el agua primero se absorbe antes de continuar su trayecto, lo que incrementa el tiempo necesario para llegar al punto de medición.

Las dificultades vistas en el proceso de la experimentación fueron el hecho del cambio entre elementos con humedad a otros que estuvieran más secos, ya que por cada vez utilizado la escorrentía realizada, debido al derramamiento del líquido esta quedaba completamente húmeda, es por ello que era necesario el reemplazo de estos elementos para de esta forma comprobar la hipótesis que hacía referencia a la humedad presente en esta, la reiteración de varios intentos para comprobar de manera absoluta los resultados fue una dificultad con la cual lidiar. Mencionar la preparación de los elementos utilizados, ya que para ello se tuvo que limpiar el plástico empleado.

Una mejora que tuvo el experimento fue la utilización de un transportador para las mediciones de los ángulos, ya que en primera instancia no estaba contemplado este factor dentro de la realización del experimento, pero que fue un factor que pudo incrementar el espectro sobre la intensidad y el cambio en el tiempo de retardo. Otra mejora que no estaba contemplada al principio fue la medición del agua, esta medición fue de 300 mililitros, y fue implementada para que las

diferencia de materia utilizada no influyera dentro de lo que se buscaba, ya que si se arrojaba más en unas que en otras podría variar el resultado.

Un suceso relevante que no había sido considerado en las hipótesis iniciales fue el efecto de la intensidad de las precipitaciones en el arrastre de materiales como piedras, barro, madera y otros elementos presentes en la escorrentía, moviéndolos en dirección hacia el centro de gravedad. Este fenómeno fue particularmente notable en las precipitaciones de mayor intensidad, mientras que en las de menor intensidad el arrastre de estos materiales no era tan evidente. Este acontecimiento no debe ser ignorado, ya que ofrece una perspectiva importante que debe ser considerada en futuras explicaciones y estrategias preventivas frente a fenómenos similares.

Una posible explicación de este fenómeno podría radicar en la fuerza ejercida por el flujo de agua sobre los elementos sólidos presentes en la superficie. Cuando la intensidad de la lluvia aumenta, la fuerza del agua es capaz de desplazar estos objetos, lo que puede explicarse a través de la tercera ley de Newton, que establece que por cada acción hay una reacción. En este caso, la acción del agua en movimiento ejerce una fuerza sobre los objetos en reposo, provocando su desplazamiento. Este análisis es clave para comprender mejor los procesos asociados a la escorrentía y cómo los factores naturales, como la lluvia, interactúan con los elementos presentes en el entorno.

El análisis naciente de la remoción de material por las precipitaciones, cobra sentido cuando estos sucesos corresponden a acontecimientos vividos a escalas que forman peligros para la sociedad. Al llevar este análisis al campo real, se puede observar que la simulación

de la escorrentía adquiere una mayor relevancia cuando se enfrentan pendientes naturales de considerable magnitud. En muchos casos, estas pendientes superan los 45 grados utilizados en los experimentos, lo que, junto con la extensión del terreno, aumenta significativamente el riesgo para las estructuras y las personas ubicadas en las zonas más bajas de la pendiente. Este tipo de escenarios subraya la importancia de realizar análisis detallados de los fenómenos de escorrentía, ya que estos estudios permiten identificar áreas de alto riesgo. Con base en esta información, se pueden elaborar estudios geotécnicos y de planificación territorial que contribuyan a prevenir desastres naturales.

Estos sucesos tienen su nombre propio, son los llamados peligros socio-naturales, índices históricos dan entender que no son fenómenos que suceden después de formaciones y actividades humanas en el territorio, sino que han existido mucho antes de las instalaciones humanas.

El error yace en el bajo análisis y además de tomar el territorio ajeno a lo humano, sin medir las consecuencias ni lo pertinente que es el espacio geográfico para la sociedad. El análisis de estos riesgos es necesario de manera urgente para un buen vivir, ya que estos fenómenos causan diversos efectos adversos para las personas que van desde costos sociales, materiales y económicos.

Dentro de los peligros socio-naturales mencionados, se encuentra uno que se ajusta de manera precisa a lo observado: los aluviones. Estos son flujos de barro en los que el agua arrastra material suelto (detritos) a lo largo de una ladera, quebrada o cauce. Los aluviones pueden recorrer grandes distancias desde su origen, incrementando su tamaño a

medida que avanzan pendiente abajo, mientras transportan rocas, hojas, ramas, árboles y otros elementos, alcanzando altas velocidades. Su origen está relacionado principalmente con lluvias intensas, y son más comunes en las zonas cordilleranas, donde las condiciones geográficas y climáticas favorecen su formación.

Estos sucesos tienen mayor presencia según la región y su climatología imperante de su territorio, ya que lugares donde debido a sus características geográficas las precipitaciones suelen ser más abundantes e intensas.

De este modo, al aplicar este análisis al contexto de Chile, se observa que las regiones más afectadas por las intensas precipitaciones son aquellas ubicadas en el centro y sur del país. En contraste, la zona norte de Chile experimenta precipitaciones extremadamente escasas. Un claro ejemplo de esto es el Desierto de Atacama, reconocido como el más árido del mundo, que evidencia la ausencia de lluvias en la región. Las escasas precipitaciones en el norte se deben a factores como el anticiclón del Pacífico, que impide el paso de las masas húmedas provenientes del océano, la corriente fría de Humboldt y la elevación de la cordillera de los Andes. Estos fenómenos interactúan para generar un clima extremadamente seco en esta zona del territorio chileno.

## 5. Reflexiones

Podemos concluir en base al desarrollo de toda la indagación, que este ha acabado por demostrar empíricamente ambas hipótesis, tanto la de que mientras más intensa sea la lluvia, más corto es el tiempo de retardo en la escorrentía superficial, y la que menciona que dependiendo de la cantidad de agua, la escorrentía superficial se ve más o por lo contrario menos afectada.

Los resultados obtenidos a través de los parámetros discutidos en la sección anterior destacan la relevancia del tiempo de retardo y la saturación, y cómo estos factores afectan la escorrentía superficial, conceptos previamente explicados en la introducción. Estos hallazgos son fundamentales para la correcta gestión de los recursos hídricos, permitiendo un control y eficiencia más efectivos. Además, se relacionan estrechamente con el fenómeno de remoción en masa, el cual se refiere a los procesos gravitacionales que implican la movilización lenta o rápida de volúmenes de suelo, como la roca, en diversas proporciones y con velocidades variables a lo largo de un terreno. Estos fenómenos pueden tener importantes implicaciones para la prevención de desastres naturales y la planificación territorial, contribuyendo así a la mitigación de riesgos en áreas susceptibles a deslizamientos y otros eventos de remoción de tierra.

Las explicaciones de los posibles resultados observados en el experimento reflejan un esfuerzo de análisis crucial para cualquier investigación. Estos análisis no se limitan únicamente al ámbito de la geografía, sino que se enriquecen con la incorporación de otras disciplinas, lo cual es característico dentro de la propia geografía. La geografía es una ciencia interdisciplinaria que abarca una variedad de campos, como la física, la química, las ciencias sociales, entre otros. En este sentido, el estudio de fenómenos naturales como la escorrentía y la remoción en masa, que se pueden extrapolar a situaciones reales, demuestra cómo diversas disciplinas se interrelacionan para ofrecer una comprensión más completa de los procesos que afectan el territorio.

Es de gran importancia este tipo de proyectos, ya que actúan como una representación previa ante una posible catástrofe. Sin embargo, es importante

destacar que se trata de un sistema acotado, y es posible incorporar más factores a la investigación, además de los datos ya considerados. Existen numerosos artículos, ensayos y proyectos similares que, desde diferentes perspectivas, podrían contribuir a una comprensión profunda del fenómeno. al ser una representación antes de una posible catástrofe, sin embargo este es un sistema acotado e igualmente se podrían añadir más factores a esta además de los datos tomados ya en cuenta, como los que podemos encontrar en las indagaciones y diferentes artículos, ensayos y proyectos que pudimos encontrar similares a este pero tomados desde otro punto de vista.

Un ejemplo de esto se observa en los derrumbes ocurridos a lo largo de Chile, que, sumados a la frecuencia de terremotos, evidencian la falta de políticas adecuadas en cuanto a la planificación territorial y la ubicación de las construcciones. En este contexto, la segregación socioespacial, entendida como las desigualdades sociales reflejadas en la distribución del territorio según las clases sociales, juega un papel clave. En Chile, esta desigualdad se manifiesta en cómo las personas de clases sociales más vulnerables son las que suelen asentarse en zonas más propensas a fenómenos de remoción en masa. La falta de preocupación y regulación por parte de los entes fiscalizadores frente a este tipo de problemas conlleva a consecuencias económicas devastadoras y pone en riesgo la vida de muchas personas.

La falta de recursos económicos destinados a procesos de prevención y planificación, así como la escasez de geógrafos, o incluso la ausencia de estos en algunos casos, contribuye a la ocurrencia de derrumbes, como los mencionados anteriormente. En Chile, estos eventos se deben principalmente a

los aluviones, fenómenos naturales que se intensifican debido al aumento de las precipitaciones según las estaciones, y a la geografía del país, caracterizada por cadenas montañosas y grandes alturas. Esta configuración lo convierte en uno de los países más propensos a este tipo de desastres naturales.

Cabe señalar que estos fenómenos no son exclusivos de los asentamientos humanos; ya ocurrían antes de la formación de la sociedad establecida en el territorio. Sin embargo, el desconocimiento geográfico y la falta de un análisis adecuado generan graves errores en la planificación y gestión del territorio. Además, el pensamiento erróneo de considerar que lo natural está aislado del ser humano no toma en cuenta que la humanidad es, fue y será siempre consecuencia de su entorno geográfico.

Este tipo de situaciones, como el reciente derrumbe ocurrido en Puerto Montt, subraya la importancia de comprender los procesos hidrológicos y de remoción en masa. Estos fenómenos, que podrían haberse evitado con políticas públicas más eficaces, un mayor número de geógrafos y proyectos preventivos como el presente, demuestran cómo una intervención adecuada a menor escala podría marcar una diferencia significativa en la prevención de desastres.

Concluir esta indagación científica con una crítica resulta fundamental, necesario e incluso evidente, dada la relevancia social de la geografía. A lo largo de este estudio, se ha podido reflexionar sobre las irresponsabilidades de la sociedad, que irónicamente se sabotea a sí misma. La reflexión final apunta a identificar la causa principal de este fenómeno. Aunque, a simple vista, y como se ha mencionado reiteradamente en esta investigación, se podría pensar que el problema radica en el bajo análisis y la

falta de importancia que la sociedad otorga a estos aspectos, lo cierto es que hay un generador principal: el sistema imperante. Este sistema otorga escasa, por no decir nula, relevancia a estos sucesos naturales, priorizando los bienes económicos sobre lo que realmente debería ser el objetivo central de cualquier sistema: el bienestar de las personas.

Este enfoque económico lleva a una desconexión entre la sociedad y su entorno geográfico. Las falencias entre la geografía y la sociedad se deben a esta visión, exacerbada por la segregación socio-espacial, que se incrementa a medida que los peligros socio-naturales se convierten en una amenaza cada vez más visible. Las personas de clases sociales más vulnerables tienden a asentarse en zonas inapropiadas para su bienestar, lo que amplifica los riesgos de desastres naturales y empeora sus condiciones de vida.

Este manifiesto final de la indagación busca subrayar la importancia de no dejar al medio geográfico fuera de la reflexión humana, destacando que el factor macro-político es, en última instancia, el causante en cadena de la desdicha social. Solo a través de una mejor comprensión y acción sobre estos factores, impulsada por un enfoque integral y humano, es posible evitar que estos fenómenos sigan afectando negativamente a las poblaciones más vulnerables.

## 6. Bibliografía

- Almánzar, R., & Pascual, J. A. (2011). Análisis de sucesos productores de caudal en pequeñas cuencas mediterráneas como apoyo a la gestión integrada y sostenible del agua. In VII Congreso Ibérico Gestión y Planificación Agua.
- Camarasa-Belmonte, A. M., López, M. P. C., & García, E. I. (2018). Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo.

Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956–2011). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (78), 127-153.

Coronel Armas, L. D. (2014). Modelo de simulación continua de lluvias en la determinación del caudal de escorrentía de la ciudad Nueva Fuerabamba-Apurímac.

Fundación Aquae. 2022. La escorrentía: un proceso clave en el ciclo del agua. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/escorrentia/>

Garrido Armas, M. (2017). Cálculo de la transformación lluvia-escorrentía mediante un modelo Saint Venant 2D: validación mediante datos de campo y laboratorio.

Henríquez, C., & Azócar, G. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. Revista de Geografía Norte Grande, (36), 61-74.

Mergili, M., Marchant Santiago, C. I., & Moreiras, S. M. (2015). Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 24(2), 113-131.

ONEMI, Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (s. f.). DESLIZAMIENTOS <https://www.onemi.gov.cl/aluviones/>

Pérez García, A. (2012). Interpretación y aplicación de las leyes de movimiento de Newton: una propuesta didáctica para mejorar el nivel de desempeño y competencia en el aprendizaje de los estudiantes del grado décimo del Instituto Técnico Industrial Piloto (Doctoral dissertation).

Reyes, R. (2022). Derrumbe destruye vivienda en Puerto Montt: habría una persona desaparecida. La Tercera. <https://www.latercera.com/nacional/noticia/derrumbe-en-cerro-destruye-vivienda-en-puerto-montt-habria-una-persona-desaparecida/BFBRIARNGZEXNEPF7RVGP33DR>