

IMPACTO DE LA ESCORRENTÍA EN LA EROSIÓN DE CAUCES: UN ENFOQUE EXPERIMENTAL

EVELYN DIAZ

MATIAS HENRIQUEZ

Resumen

La investigación se enfoca en los procesos geomorfológicos en el sector Cascadas de la Región de Los Lagos, Chile, con un énfasis particular en cómo las escorrentías erosionan las laderas de los cauces fluviales. Se identifican tres tipos de escorrentía: superficial, subsuperficial y subterránea. La escorrentía superficial no se infiltra y fluye después de una precipitación, la subsuperficial se mueve debajo del suelo y la subterránea fluye a través de acuíferos. La escorrentía tiene la capacidad de desgastar y transportar sedimentos, modificando la forma de los cauces de los ríos. La erosión, entendida como el transporte y deposición de sedimentos por el agua o el viento, juega un papel crucial en este proceso. La hidrología, que estudia las corrientes naturales, proporciona un marco para entender cómo se forman y desarrollan los cauces fluviales. Los flujos de fondo en los ríos alteran el estado de los materiales del lecho, transportando partículas y produciendo cambios en la forma del cauce. Este fenómeno es influenciado por la estructura hidráulica y el relieve del río. El propósito de esta investigación es visibilizar los procesos geomorfológicos en la Región de Los Lagos y entender

cómo la escorrentía contribuye a la erosión de las laderas de los cauces. Para ello, se diseñó un experimento utilizando parámetros específicos para replicar diferentes tipos de caudal y escorrentía. Los resultados muestran cómo la escorrentía puede desbordar un cauce, proporcionando información crucial para extrapolar estos hallazgos a situaciones reales, especialmente en el contexto de inundaciones. Este estudio subraya la importancia de comprender la dinámica de la escorrentía y la erosión en la gestión de los recursos hídricos y la planificación territorial.

Palabras clave: escorrentía, cauce, laderas, hidrología.

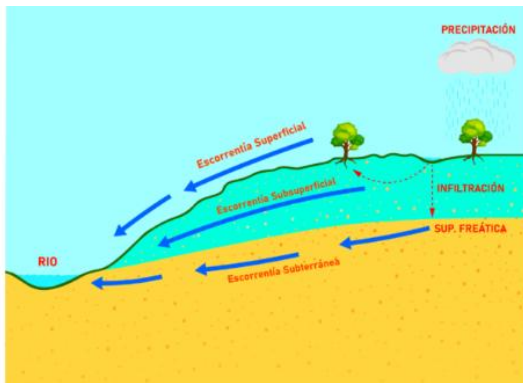
1. Introducción

Según Martínez de Azagra y Navarro (1996), la escorrentía se puede definir como el agua que fluye sobre la superficie terrestre como resultado de la precipitación o el deshielo. Además, estos autores, junto con Ward y Robinson (1989), identifican tres tipos de escorrentía:

- Escorrentía superficial: Es el agua que no se infiltra en ningún momento y escurre después de una precipitación.
- Escorrentía subsuperficial: Es el agua que se moviliza debajo del suelo.
- Escorrentía subterránea: Es el agua que fluye por debajo del suelo, moviéndose a través de acuíferos y otras estructuras subterráneas.

La escorrentía tiene la característica de ser capaz de desgastar y transportar sedimentos, modificando la forma del cauce.

Imagen 1. Tipos de escorrentía.



Fuente: cidhma.

Strahler (1989) define un cauce como un canal que se forma por el río a lo largo del tiempo, a través de la erosión del terreno. Teniendo en cuenta esto, se observa cómo la erosión puede modificar el terreno, en este caso, el de un río. Asimismo, Strahler (1989) define la erosión como el transporte y deposición de sedimentos por agentes externos como el agua o el viento.

Según Ochoa Rubio (2011), la hidrología se define como el estudio de las corrientes naturales para establecer las leyes más generales y seguras en la formación y desarrollo natural de los cauces de los ríos, y su posterior aplicación en cálculos prácticos. Ochoa Rubio también señala que los flujos del fondo, al alterar el estado de los materiales del lecho, desprenden un gran número de partículas y las trasladan a un nuevo sitio. Este transporte produce cambios graduales y episódicos de manera permanente en las formas del cauce. Este fenómeno depende de la estructura hidráulica de cada tramo, pero está influenciado por el relieve del río. La erosión y el posterior depósito de sedimentos resuelven en gran medida la contradicción preexistente entre la estructura de flujo y la conformación del cauce, creando una nueva incongruencia entre la antigua estructura de la corriente y las nuevas formas del cauce.

Según Ochoa Rubio (2011), los temas fundamentales que deben ser analizados para comprender los cambios que pueden experimentar los cauces aluviales incluyen:

- a) La actividad erosiva de las corrientes marinas.
- b) El movimiento de los sedimentos como un problema estadístico.
- c) Procesos aluviales.
- d) Procesos morfológicos.
- e) Formas del cauce.

La temática de esta indagación está profundamente relacionada con la forma de los ríos, los diferentes tipos de caudales, la escorrentía, el desborde y la erosión que se pueden generar. Este fenómeno se ha investigado lo suficiente como para proporcionar características generales de los tipos de ríos.

Según Errazuriz (1998), los ríos en la región de Los Lagos y la región de Los Ríos pueden denominarse "*ríos tranquilos con regulación lacustre en la zona húmeda de Chile*". Desde la cuenca del Imperial, justo al sur del Biobío, hasta la isla de Chiloé, se encuentran varias cuencas con lagos y lagunas intercalados en sus cursos. Los factores más importantes que determinan las características hidrográficas de esta zona son la geomorfología y la pluviometría.

Errazuriz (1998) también señala que, en la mayoría de los ríos principales o sus afluentes, las morrenas o sedimentos glaciares han formado diques que han creado lagos o lagunas, generalmente rodeados por empinadas laderas montañosas cubiertas por bosques higrófilos. Estos elementos suelen componerse de depósitos lacustres, suelos volcánicos, glaciares, valles encajonados y, finalmente, una densa cobertura vegetal. Estas características propician que el flujo de los ríos sea tranquilo, con aguas claras y cristalinas. Anteriormente, estos ríos se utilizaban

para la navegación, pero hoy en día, debido a una fuerte sedimentación en sus desembocaduras, han perdido su función como vías de comunicación. Se puede caracterizar esta zona como una donde la escorrentía fluye de forma tranquila en la mayoría de los casos, aunque presenta una fuerte sedimentación en sus desembocaduras.

Complementando lo anterior, la región de Los Lagos posee diferentes tipos de ríos, distinguiéndose por tener numerosos ríos de régimen mixto y caudal constante, sostenidos por lluvias continuas. En gran parte de sus tramos inferiores, la navegación es viable gracias a la presencia de lagos precordilleranos en sus tramos superiores, los cuales regulan naturalmente el flujo de agua y reciben sedimentos arrastrados desde las montañas. Además, estos ríos poseen un gran potencial hidroeléctrico debido a los desniveles entre la cordillera y la depresión intermedia.

2. Metodología

Esta investigación se centra en los procesos morfológicos que ocurren en Chile, específicamente en la región de Los Lagos, en el sector de Cascadas.

El propósito de esta investigación científica con metodología cuantitativa es dar visibilidad a los procesos geomorfológicos existentes en la región de Los Lagos y extrapolarlos a un fenómeno llamado inundaciones. En este sentido se planteó la siguiente interrogante: ¿De qué forma las escorrentías erosionan las laderas de un cauce? La hipótesis central es que la escorrentía erosiona las laderas de un cauce según el tipo de escorrentía, su velocidad, su fuerza y el tipo de cauce.

Para responder a esta pregunta, se llevó a cabo un experimento utilizando materiales de fácil acceso con el propósito

de simular un fenómeno geográfico. El experimento se realizó en dos ocasiones, recopilando datos iniciales en función del tipo de caudal que se buscaba replicar. Se establecieron dos parámetros: uno para simular un cauce de menor tamaño y otro para un cauce de mayor tamaño, ambos con la misma inclinación. El flujo de agua, medido en litros por segundo, se ajustó para representar un tipo de escorrentía superficial. Además, se empleó arena de origen volcánico para recrear las características del cauce.

Para la obtención de resultados, se midieron el nivel de desborde alcanzado por el caudal y la profundidad alcanzada por el flujo de agua. Inicialmente, se presentaron dificultades para obtener muestras debido a un enfoque inadecuado en la elaboración del experimento. Además, los materiales rústicos utilizados no proporcionaban una referencia clara sobre cómo proceder, lo que llevó a replantear los datos que podían obtenerse para su uso en una segunda instancia. En consecuencia, los datos y resultados analizados corresponden al segundo experimento.

El análisis de los resultados se realizó de manera aproximada, lo que pudo derivar en mediciones estimadas. Para ello, se utilizó una regla con el fin de medir tanto el desborde del caudal como la profundidad alcanzada en el cauce. La finalidad de estos resultados fue comprender cómo la escorrentía puede provocar el desbordamiento del cauce. La medición del desborde resultó esencial para extrapolar estos hallazgos a situaciones reales, proporcionando una referencia sobre la magnitud que debe alcanzar una escorrentía para que el cauce no sea capaz de contenerla.

1) 3. Resultados

Los parámetros utilizados en la experimentación fueron los siguientes:

- Largo
- Ancho
- Profundidad
- Litros por segundo
- Inclinación

3.1 Primera muestra

Tabla 1. Datos iniciales del cauce.

Parámetros	Resultados
Largo	30 cm
Ancho	7 cm
Profundidad	7 cm
Litros por seg.	1 L.
Inclinación	40°

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Resultados primera muestra (final).

Desborde	Profundidad alcanzada
10 cm	3 cm

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Segunda muestra

Tabla 3. Datos iniciales del cauce.

Parámetros	Resultados
Largo	30 cm
Ancho	11 cm
Profundidad	7 cm
Litros por seg.	1 L.
Inclinación	40°

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resultados primera muestra (final).

Desborde	Profundidad alcanzada
10 cm	3 cm

3.3 Tercera muestra

Tabla 5. Datos iniciales del cauce.

Parámetros	Resultados
Largo	30 cm
Ancho	7 cm
Profundidad	7 cm
Litros por seg.	3 L.

Inclinación	40°
-------------	-----

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resultados primera muestra (final)

Desborde	Profundidad alcanzada
20 cm	7 cm

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Cuarta muestra

Tabla 7. Datos iniciales del cauce.

Parámetros	Resultados
Largo	30 cm
Ancho	11 cm
Profundidad	7 cm
Litros por seg.	3 L.
Inclinación	40°

Fuente: Elaboración propia.

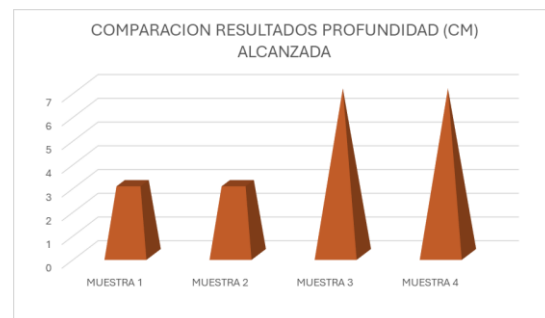
Tabla 8. Resultados primera muestra (final)

Desborde	Profundidad alcanzada
17 cm	7 cm

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico presentado se observa la profundidad alcanzada, en centímetros, por el caudal de agua en cada ejemplo de cauce. Además, se identifica una ligera tendencia en las dos últimas muestras, las cuales fueron sometidas a un mayor volumen de escorrentía.

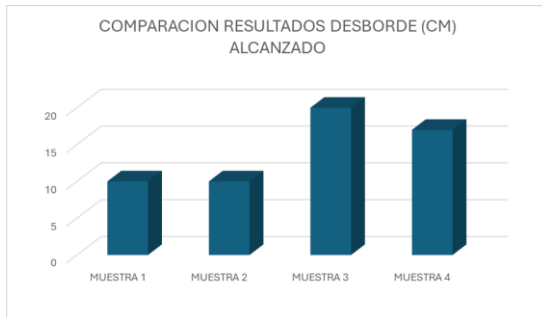
Figura 1. Comparación de resultados sobre la profundidad alcanzada en centímetros.



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se muestra el caudal que se desbordó según el cauce y las muestras. Nuevamente, se puede observar una leve tendencia en las dos últimas muestras, que tuvieron una mayor cantidad de escorrentía en comparación con las otras.

Figura 3. Comparación de resultados sobre el desborde alcanzado en centímetros.



Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en nuestro experimento confirman una leve pero evidente tendencia, destacando la importancia de la escorrentía superficial. Este fenómeno juega un papel crucial en la creación de nuevos caudales y en el desborde de ríos, generando así inundaciones. Es importante reiterar la limitación que representaron los materiales rudimentarios utilizados para la toma de muestras, lo cual, si bien proporciona una tendencia, esta es limitada en su precisión.

Según Ochoa Rubio (2011), los flujos del fondo, al alterar el estado de los materiales del lecho, desprenden una gran cantidad de partículas y las trasladan a nuevos lugares. Este transporte ocasiona cambios graduales y episódicos, produciendo modificaciones permanentes en las formas del cauce.

En el experimento realizado se observaron cambios permanentes en el

cauce de arena, lo que confirma lo descrito por Ochoa Rubio. Estos resultados evidencian que la escorrentía desempeña un papel fundamental en la erosión de las laderas de un cauce. La magnitud de la erosión varía en función del tipo de escorrentía, las características del cauce (como su ancho, tamaño y capacidad para soportar el caudal) y la velocidad del flujo de agua.

Según el medio de comunicación Cooperativa (2021), la Organización Meteorológica Mundial informa que los desastres naturales se han quintuplicado en los últimos cincuenta años debido a la crisis climática. Esto refleja una problemática actual que se ha agravado con el tiempo. En nuestro país, entre 1970 y 2019, se han documentado 40 eventos de inundaciones, aluviones y deslizamientos. Es probable que estos eventos aumenten con el tiempo, subrayando la urgencia de abordar esta problemática.

Imagen 2. Ciudad afectada por inundación.



Fuente: CyperChile.Cl

El experimento realizado puede extrapolarse a una problemática contemporánea de gran relevancia: las inundaciones. Uno de los factores más comunes que las provocan es el desbordamiento de ríos debido a crecidas.

Un aspecto fundamental a considerar es la intensa urbanización en las proximidades de los ríos y la asphaltización de zonas que anteriormente funcionaban

como cauces naturales. En un futuro cercano, tanto la expansión urbana como el cambio climático desempeñarán un papel determinante en la frecuencia y severidad de las inundaciones, convirtiéndolas en un fenómeno recurrente no solo a nivel nacional, sino también en diversas regiones del mundo.

La presente investigación contribuye a visibilizar y generar conciencia sobre esta problemática, advirtiendo sobre las posibles consecuencias de la construcción de viviendas en terrenos que anteriormente fueron cauces o en áreas cercanas a cuerpos de agua. En este sentido, se puede afirmar que el experimento realizado respalda la hipótesis planteada, aunque los resultados obtenidos no se ajustaron completamente a las expectativas iniciales.

Durante la realización del experimento, enfrentamos diversas dificultades que obstaculizaron el progreso. En primer lugar, los objetos rústicos proporcionados no nos ofrecieron una guía clara sobre cómo proceder, lo que, junto con la escasa información de base que manejábamos, nos causó un considerable retraso. Sin embargo, después de varias horas, logramos avanzar gracias a la comprensión y el apoyo del profesor supervisor.

Durante la realización del experimento, surgieron diversas dificultades que dificultaron su desarrollo. Inicialmente, la falta de orientación sobre el uso de los materiales disponibles, junto con la información limitada con la que se contaba, generó un retraso en el proceso. No obstante, tras varias horas de trabajo y con el apoyo del profesor supervisor, fue posible avanzar de manera más efectiva.

El experimento se llevó a cabo en dos ocasiones, enfrentando restricciones tanto en la recolección de muestras como en su ejecución. Estas limitaciones

influyeron en los resultados obtenidos, los cuales muestran una tendencia general, aunque con ciertas variaciones. Por este motivo, el propósito es validar dicha tendencia y aplicarla al análisis de un fenómeno geográfico a mayor escala.

5. Referencias

- CIDHMA Capacitaciones. (s. f.). ¿Sabes cuáles son los tipos de escorrentía que existen? – <https://www.cidhma.edu.pe/sabes-cuales-son-los-tipos-de-escorrentia-que-existen/>
- CIPER (2023). Inundaciones en espacios urbanos y rurales: siete sugerencias desde la Geografía. CIPER Chile. <https://www.ciperchile.cl/2023/08/28/inundaciones-sugerencias-desde-la-geografia/>
- Efe, C. (2024). Inundaciones y aluviones en Chile se multiplicaron por 30 en los últimos 50 años. Cooperativa.cl. <https://cooperativa.cl/noticias/pais/desastres-naturales/inundaciones/inundaciones-y-aluviones-en-chile-se-multiplicaron-por-30-en-los-ultimos/2021-09-02/095814.html>
- Errázuriz, A. M. (Ed.). (1998). Manual de geografía de Chile. Andrés Bello.
- Instituto de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. (2014). Causas de las inundaciones. <https://www.icog.es/TyT/index.php/2014/10/causas-las-inundaciones/>
- Martínez de Azagra, A., & Navarro, J. (1996). Hidrología forestal: el ciclo hidrológico. Servicios de Publicaciones de la Universidad de Valladolid.
- Rodríguez Trujillo, Y. M. (2003). Generación de caudales y producción de sedimentos en cuencas en la Cordillera de la Costa, IX Región (Tesis de maestría). Universidad Austral de Chile.
- Ochoa Rubio, T. (2011). Hidráulica de ríos y procesos morfológicos. Ecoe ediciones.
- Strahler, Arthur Newell, y Alan H Strahler. Geografía física. 3a ed. Barcelona: Omega, 1989. Print.
- Ward, R., Robinson M. (1989) Principles of Hydrology Third Edition, McGraw-Hill, London, 365 p.