

INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL: UN ESTUDIO EXPERIMENTAL

MARÍA JOSÉ MUÑOZ

BENJAMIN MONASTERIO

Resumen

El estudio se centra en cómo la cobertura vegetal influye en el tiempo de retardo de la escorrentía superficial en una cuenca. Se utilizó una metodología cuantitativa en el recinto recreacional de Cascada (región de Los Lagos, Chile) evaluando diferentes tipos de suelos y pendientes (19°, 30°, 38°). Se realizaron experimentos en suelos con y sin vegetación, midiendo el tiempo de escorrentía con agua simulada. Los resultados mostraron que la vegetación aumenta significativamente los tiempos de retardo, actuando como barrera absorbente frente al agua. La falta de instrumentación adecuada limitó la precisión de los resultados. Concluyen que la vegetación y la pendiente juegan roles clave en la hidrología superficial, con implicaciones para la gestión de recursos y la mitigación de desastres naturales.

Palabras Clave: Escorrentía, Geomorfología, Hidrología y Vegetación.

1. Introducción

La geomorfología estudia cómo los agentes naturales erosionan, transportan y depositan materiales minerales y orgánicos. Los principales agentes geomorfológicos son la escorrentía superficial, las olas y corrientes marinas, los glaciares y los vientos. Dentro de la geomorfología, existe un área de estudio crucial conocida como hidrología, esta disciplina se centra en el ciclo del agua, calculando su balance y midiendo su flujo en todas las etapas del ciclo, mientras que la geomorfología se enfoca en el impacto geológico de las aguas en movimiento sobre la superficie terrestre. Dado que cuatro de estos agentes están relacionados con el agua, la hidrología y la geomorfología están estrechamente vinculadas (Strahler, 1989).

La escorrentía se define como el agua de precipitación que se mueve bajo y sobre la superficie hasta alcanzar una corriente de agua que drenan su volumen hacia la salida de la cuenca. (Lozano-Rivas W. A, 2018).

El agua excedente, manifestada como escorrentía, desempeña un papel esencial en el equilibrio del medio ambiente y en la vida terrestre, incluido el ser humano. Los arroyos, ríos, estanques y lagos no solo constituyen hábitats vitales para diversas especies de flora y fauna, sino que también forman parte del sistema de drenaje, una red de canales fluviales encargados de recolectar el agua superficial e intermedia. Esta red se encuentra delimitada por la divisoria de aguas, que separa las distintas cuencas de drenaje. Además, las vertientes del terreno y los canales naturales contribuyen a la gestión eficiente de la escorrentía y de las partículas minerales que esta transporta (Strahler, 1989).

De acuerdo con Triviño Pérez y Ortiz Rojas (2004), las cuencas hidrográficas funcionan como sistemas dinámicos en

los que la escorrentía superficial es una de sus manifestaciones más evidentes. Sin embargo, esta también puede ser responsable de catástrofes naturales, como inundaciones y deslizamientos de tierra, ocasionando graves daños en áreas vulnerables. Un ejemplo reciente de este fenómeno es lo ocurrido en las regiones del Maule y Metropolitana, donde la escorrentía ha intensificado los efectos de las precipitaciones, generando situaciones de emergencia y poniendo en evidencia la importancia de una adecuada gestión de los suelos y cuerpos de agua.

Según Huber y Oyarzún (1983), la vegetación desempeña un papel crucial como reguladora en los procesos hidrológicos, actuando como una barrera que intercepta las precipitaciones, alterando su flujo y distribución bajo el área de su cobertura. Esta función es especialmente destacada en masas forestales, donde la vegetación es capaz de interceptar una cantidad significativa de las precipitaciones, lo que tiene un impacto directo en la dinámica del agua en la región.

Al revisar investigaciones relacionadas con el efecto de la vegetación sobre la escorrentía, se confirma que la vegetación actúa como un factor regulador esencial en los procesos hidrológicos. Un estudio llevado a cabo por Ramos Franco y Armenteras Pascual (2019) y publicado en "Acta Biológica Colombiana" investigó los efectos de diferentes tipos de cobertura vegetal en el Bosque Altoandino de la Reserva Forestal Protectora "El Malmo". Sus hallazgos revelaron que las coberturas de bosque denso altoandino proporcionan las condiciones más favorables para la regulación hídrica. Este tipo de vegetación no solo contribuye a la reducción de la escorrentía, sino que también ayuda a mitigar la erosión del suelo y a mantener la calidad del agua, evidenciando la importancia de los

ecosistemas naturales en la gestión de los recursos hídricos.

Asimismo, un estudio examinó el impacto de distintos usos del suelo (agrícola y forestal) en la hidrología y el transporte de sedimentos en la cuenca experimental de la riera de Vernegà entre 2005 y 2009, situada en el macizo de Les Gavarres, al noreste de la Península Ibérica. Este estudio reveló que la estación de monitoreo ubicada en áreas agrícolas registró una mayor escorrentía en comparación con la estación ubicada en el bosque, posiblemente debido a la capacidad de retención de agua por parte de la vegetación y la biomasa forestal (Pacheco et al. 2011). Una investigación similar se llevó a cabo Durante cuatro años en la Estación Experimental Los Ventós, se estudiaron 18 parcelas pequeñas para entender cómo diferentes tipos de vegetación afectan la escorrentía y la erosión del suelo. En este estudio se encontró que áreas con mucha vegetación natural, como matorrales y pastizales secos, reducen significativamente la escorrentía y la erosión, incluso más que áreas plantadas con pinos. Esto se debe al clima seco del Mediterráneo y a la cobertura densa de estas plantas. Estos hallazgos sugieren que conservar o promover vegetación natural puede ser tan efectivo como plantar árboles para proteger el suelo y gestionar el agua de lluvia. (Chirino, et al. 2003)

Por último, un estudio se centró en el análisis detallado y comparativo de las condiciones de precipitación y escorrentía en tres microcuencas andinas específicas, en el cual Se utilizó un enfoque que incluyó datos diarios recopilados durante aproximadamente 8 años para entender cómo diferentes factores como la precipitación anual, la distribución mensual de la lluvia y el uso del suelo influyen en la cantidad de agua que se convierte en escorrentía en cada microcuenca. Martínez et al. (2017)

encontraron que la microcuenca cubierta por bosque nativo recibió la mayor cantidad promedio de precipitación anual (1,540 mm), seguida por la microcuenca con pajonal y pastoreo extensivo (1,267 mm), y la microcuenca con bosque de pinos (1,182 mm). Este análisis detallado permitió identificar patrones específicos de respuesta en la escorrentía para cada microcuenca, los cuales están relacionados con las variaciones locales en el clima y el tipo de cobertura del suelo.

Estos resultados subrayan la importancia de la vegetación como un factor clave en el flujo de escorrentía. Como plantea Pacheco et al. (2011), la mayoría de los estudios han mostrado que las estaciones de monitoreo en zonas agrícolas reportaron un aumento significativo en el flujo de agua en comparación con las estaciones ubicadas en áreas boscosas. Esto se debe a que la vegetación y la biomasa del bosque tienen una mayor capacidad para retener agua, reduciendo la escorrentía y favoreciendo un mejor manejo hídrico. Estos hallazgos refuerzan la importancia de mantener y restaurar coberturas vegetales naturales para gestionar de manera más efectiva los recursos hídricos y prevenir la erosión del suelo.

A pesar de los avances significativos en investigaciones de geomorfología, existe un área poco explorada en hidrología donde la investigación es limitada en varios parámetros clave. Entre ellos se incluyen los grados de inclinación de diversas pendientes, el tiempo de retardo de la escorrentía y el impacto determinante de la vegetación en el flujo de escorrentía superficial, los cuales aún no han sido suficientemente investigados en ciertos contextos. Explorar estas perspectivas podría ofrecernos una comprensión más completa del comportamiento de la escorrentía superficial.

El objetivo general que se pretende alcanzar en el presente estudio es el de evaluar de qué manera la cobertura de vegetación de una cuenca influye sobre el tiempo de retardo de su escorrentía superficial.

2. Metodología

El objetivo general que se pretende alcanzar en el presente estudio es evaluar de qué manera la cobertura de vegetación de una cuenca influye sobre el tiempo de retardo de su escorrentía superficial, para esto se utilizó una metodología de tipo cuantitativa basada en la recopilación de datos y análisis estadísticos. Esta investigación se realizó en el recinto recreacional de Cascada perteneciente a la Universidad de Los Lagos, ubicada en la comuna de Puerto Octay, provincia de Osorno, región de Los Lagos.

Se realizó un experimento en el cual se tomaron diferentes parámetros como el tipo de vegetación, diferentes tipos de pendiente y el tiempo de retardo de la escorrentía.

Para realizar el experimento, se necesitaron los siguientes instrumentos:

- Olla redonda con un diámetro aproximado de 30 cm.
- Pala para recoger los diferentes tipos de vegetación.
- Regadera con orificio que simula la caída de agua.
- Cronómetro para medir el tiempo de retardo de la escorrentía.
- Aplicación "Transportador inclinómetro" para calcular los grados de inclinación de las diferentes pendientes.

Se seleccionaron dos tipos de vegetación diferentes: una sin vegetación, completamente plana y compuesta solo por tierra, y otra con vegetación, hojas

caídas, ramas, entre otros elementos. Estas muestras fueron extraídas con una pala y depositadas en la olla redonda. Luego, se llenó la regadera con agua y se posicionó la olla en pendientes de 38°, 30° y 19° grados. Posteriormente, se utilizó la regadera para verter agua, simulando el proceso de escorrentía superficial. Al momento de contacto del agua con la tierra, se inició el cronómetro, y cuando el agua comenzó a escurrir fuera de la olla, se detuvo el cronómetro, permitiendo así registrar el tiempo de escorrentía.

Se repitió el proceso con la muestra sin vegetación un total de nueve veces, con el objetivo de analizar posibles variaciones en los resultados y evaluar potenciales errores. De manera simultánea, el experimento con vegetación también se realizó en nueve ocasiones, cambiando la tierra cada tres repeticiones. Esta decisión se tomó debido a que, tras verter agua sobre la tierra, esta se saturaba, lo que dificultaba distinguir si el agua escurrida correspondía al agua recién vertida o al agua previamente absorbida por la vegetación o el suelo.

A continuación, se presenta una tabla que recopila los datos obtenidos de las diecinueve muestras analizadas. Todos los datos fueron medidos en segundos y microsegundos, y se analizaron mediante métodos descriptivos de promedio.

Tabla 1. Recopilación de datos.

Pendiente	Sin vegetación				Con vegetación			
	1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}
19°								
30°								
38°								

Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo de esta metodología de investigación se presentaron diversos contratiempos y limitaciones. En primer

lugar, la instrumental utilizada fue de carácter artesanal y rudimentario, lo que afectó la precisión de las mediciones. Un ejemplo de ello fueron las dificultades en la obtención de datos exactos, ya que en muchos casos se recurrió a estimaciones. Como consecuencia, los resultados obtenidos son limitados y acotados, pues la naturaleza misma del experimento no permite representar o demostrar la realidad de manera absoluta.

Una de nuestras mayores dificultades fue simular la intensidad de la escorrentía sobre la superficie de tierra, esto debido a que no se contaba con instrumentos que puedan verter con la misma intensidad el agua sobre la tierra, lo cual se intentó mantener la misma fuerza con la que se vertía está en cada medición.

Dentro de este marco, es importante señalar que, si este experimento se realizara con instrumental adecuado, se podrían obtener resultados más precisos y representativos. La falta de ciertos recursos en el momento de la ejecución limitó la exactitud de los datos. Por ejemplo, el uso de un recipiente de mayor tamaño, instrumentos de medición más precisos y un sistema de regulación del flujo de agua, como una manguera, permitiría mejorar la precisión del experimento y obtener resultados más cercanos a la realidad.

3. Resultados

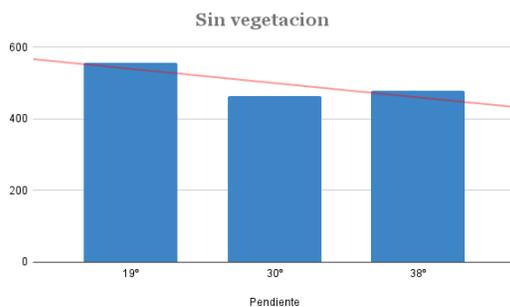
Los resultados obtenidos, a partir de la medición del tiempo de escorrentía en los distintos tipos de suelos, tanto con vegetación y sin vegetación, clasificados en diferentes grados de pendiente, son los siguientes:

Tabla 2. Resultados.

Pendiente	Sin vegetación				Con vegetación			
	1	2	3	\bar{x}	1	2	3	\bar{x}
19°	6'	5'4 0"	6'2 6"	5'5 8"	46' 81"	53' 20"	49' 24"	38' 11"
30°	5'4' ,	3'7 3"	5'2 0"	4'6 5"	39' 30"	35' 18"	35' 18"	38' 29"
38°	4'4 7"	3'2 0"	3'6 9"	4'7 8"	29' 24"	28' 20"	28' 20"	27' 21"

Fuente: Elaboración propia.

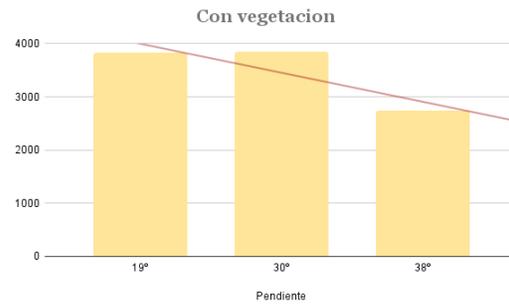
Gráfico 1. Retardo de escorrentía en tipo de suelo sin vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se observa un tipo de suelo sin vegetación, donde se aprecia una clara tendencia en el tiempo de escorrentía. Además, se evidencia cómo la variación en la pendiente influye en el tiempo que tarda el agua en fluir. Esto se refleja en la distribución de las barras dentro del gráfico. La pendiente de 30°, de altura intermedia, presenta el menor tiempo de escorrentía en comparación con la pendiente de 38°, la más alta, aunque ambas muestran valores muy similares con una diferencia mínima. Por otro lado, la pendiente de 19°, la más baja, muestra un tiempo de escorrentía ligeramente más prolongado, aunque la diferencia no es significativa. En general, el gráfico permite identificar una tendencia clara en el tiempo de retardo de la escorrentía a medida que varía la pendiente del terreno.

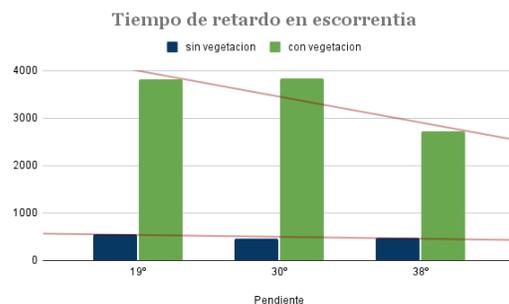
Gráfico 2. Retardo de escorrentía en tipo de suelo con vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

En este gráfico se representa un tipo de suelo con vegetación, donde se observa una variación significativa entre las barras sin evidenciar una tendencia clara. La pendiente no parece ser un factor determinante en el tiempo que tarda la escorrentía en fluir. La pendiente de 38°, la más alta, exhibe el tiempo más corto de escorrentía. En contraste, la pendiente de 30°, de altura intermedia, muestra el mayor tiempo de retraso en la escorrentía en comparación con la pendiente de 19°, la más baja, cuya variación es mínima respecto a la anterior. Estos resultados sugieren que, en presencia de vegetación, otros factores pueden estar influyendo en el comportamiento de la escorrentía, más allá de la inclinación del terreno.

Gráfico 3. Retardo de escorrentía en tipo de suelo con vegetación y tipo de suelo sin vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

Al juntar ambos gráficos se aprecia una clara disparidad entre ambos, principalmente en los tiempos muy variados de escorrentía. En el tipo de suelo con vegetación muestra tiempos de retardo bastante prolongados, esto a comparación del tipo de suelo sin vegetación, el cual presenta tiempos más cortos de retardo. En resumen, se evidencia una disparidad considerable en términos de retardo de la escorrentía, destacándose claramente la influencia de la vegetación en el último gráfico mostrado.

4. Discusión

Los resultados de este estudio indican claramente que la vegetación en una cuenca tiene un factor evidentemente influyente en el tiempo de retardo de la escorrentía superficial. Además, las pendientes variadas (19° , 30° , 38°) afectan de manera diferente a los suelos con poca vegetación en comparación con los suelos con vegetación. En los suelos con vegetación, las pendientes juegan un papel importante, pero calcular el tiempo de retardo de la escorrentía se dificulta debido a la presencia de vegetación, que actúa como una barrera absorbente.

Como se puede apreciar en el gráfico 3, los tiempos de retardo de la escorrentía varían notablemente entre la muestra con vegetación y aquellas sin vegetación. Los resultados de esta indagación coinciden con lo mencionado por varios autores, entre ellos Luna, Roldán y Cienfuegos, (2004), quienes exponen respecto al papel crucial de la vegetación en la regulación de los procesos hidrológicos. La vegetación actúa como una barrera que intercepta las precipitaciones, modificando su flujo y distribución dentro del área cubierta. Este efecto es especialmente destacado en áreas boscosas, donde la vegetación puede capturar cantidades significativas de lluvia. Esto explica por qué hemos

observado mayores tiempos de retraso de la escorrentía en nuestras muestras con vegetación en comparación con las muestras sin vegetación, ya que la vegetación funciona como una barrera absorbente.

Además, Ramos Franco y Armenteras Pascual (2019) plantean que la vegetación desempeña un papel fundamental en la retención de las precipitaciones en los bosques Altoandinos investigados. En estos entornos boscosos, donde abundan los organismos epífitos y los estratos arbóreos con densa frondosidad, se configura una estructura que eficientemente captura y libera gradualmente la lluvia y la niebla. Asimismo, las propiedades físicas del suelo ejercen una influencia considerable en el flujo superficial del agua y en su calidad. Estos hallazgos refuerzan nuestros resultados de nuestra investigación, en la cual se reafirma el papel crucial de la vegetación y su influencia en el retardo temporal de la escorrentía.

Asimismo, otro descubrimiento relevante en nuestro estudio es la influencia de la pendiente en el retardo de la escorrentía superficial, según lo descrito por Alencar da Silva Alves et al. (2021), en sus investigaciones recientes sobre la pendiente promedio de la cuenca y la velocidad media del flujo. Estos estudios sugieren que el relieve abrupto de la cuenca contribuye a una alta velocidad de escurrimiento y a una capacidad significativa para transportar material erosionado.

Adicionalmente, Jaya-Santillán (2023) plantea que la configuración del terreno se define por los ángulos de las pendientes y por la longitud y configuración de estas. La topografía desempeña un papel crucial en la erosión del suelo, las estrategias de control de la erosión y las posibilidades de labranza

mecánica. Además, tiene un impacto fundamental en la capacidad agrícola del suelo. A medida que aumentan tanto el ángulo como la longitud de las pendientes, se incrementa la erosión del suelo. Un ángulo más pronunciado acelera la velocidad de la escorrentía y, por ende, aumenta la energía cinética del agua, lo que provoca una erosión más severa. Las pendientes largas intensifican el flujo superficial, incrementando su volumen y, consecuentemente, ocasionando una erosión más significativa.

En resumen, los hallazgos de esta indagación científica están alineados con los planteamientos de los autores revisados y la literatura consultada. Se concluye que, en áreas con escasa cobertura vegetal, la pendiente pronunciada conduce a tiempos de retardo de la escorrentía más cortos.

Finalmente, este estudio ha permitido identificar un aspecto previamente no investigado y aportar nuevos elementos al campo de estudio. Los resultados obtenidos, como se observa en el gráfico 1 para la muestra sin vegetación, evidencian tiempos de escorrentía similares entre las pendientes de 38° (la más alta) y 19° (la más baja). Una posible explicación para este fenómeno es que, al verter agua en la pendiente de 38° antes de hacerlo en las pendientes de 30° y 19°, se generó un canal de flujo que permitió un desplazamiento más rápido del agua.

De acuerdo con Casalí et al. (1999), la erosión por cárcavas efímeras es un fenómeno común en suelos franco-limosos de las Margas Miocenas en el sur de Navarra. Estos canales se forman durante lluvias intensas en terrenos agrícolas, donde la falta de cobertura vegetal y la topografía abrupta intensifican la acción erosiva. En este sentido, los resultados obtenidos en el experimento evidencian la formación de cauces

producto de la acción erosiva de la escorrentía.

En términos generales, este estudio contribuye al estado del arte al destacar la importancia de factores como la vegetación y la pendiente en la dinámica de la escorrentía superficial. Comprender estos elementos resulta fundamental para analizar el comportamiento hidrológico y su impacto en la erosión del suelo.

No obstante, es importante reiterar que esta investigación presenta ciertas limitaciones debido a la naturaleza artesanal de la instrumental utilizada. La precisión de las mediciones se vio restringida por la falta de equipos más avanzados, lo que acota los alcances de los resultados. En este sentido, futuros estudios con instrumentación más precisa permitirían obtener datos más representativos y cercanos a la realidad.

5. Reflexión

Como se mencionó anteriormente, en los suelos con vegetación se observaron tiempos de retardo significativamente más extensos en comparación con los suelos sin vegetación, los cuales presentaron una escorrentía más rápida. Esto tiene una clara aplicación en el mundo real, ya que la vegetación en áreas como los bosques actúa como una barrera natural que retiene y absorbe el agua. La presencia de una cubierta vegetal densa reduce la velocidad del flujo del agua en la superficie del suelo, lo que disminuye tanto la escorrentía como la erosión, contribuyendo a la mitigación de inundaciones y la conservación del suelo.

Por el contrario, la ausencia de vegetación y la proliferación de superficies impermeables, como el asfalto, el concreto y los techos, impiden la infiltración del agua de lluvia en el suelo. Estas superficies lisas favorecen el desplazamiento acelerado del agua,

umentando tanto la velocidad como el volumen de la escorrentía. Como resultado, se generan problemas como inundaciones, erosión y sobrecarga en los sistemas de drenaje. Un ejemplo concreto de esta problemática se ha observado en la región del Biobío, donde las inundaciones han sido intensificadas por la urbanización y la reducción de áreas con cobertura vegetal.

En temas de deforestación, Altamirano y Lara (2010) llevó a cabo un análisis multitemporal en la precordillera andina de la región del Maule, Chile, utilizando imágenes satelitales de los años 1989 y 2003 para estudiar el cambio en la cobertura de la tierra, específicamente en el bosque nativo. Durante este período, se observó una reducción significativa del bosque nativo en el área de estudio, con una disminución del 44% de su superficie total. Esto equivale a una tasa anual de pérdida de bosque del 4,1%. Dada la importancia ecológica y social del bosque nativo, se propone concentrar los incentivos gubernamentales en áreas prioritarias. Estas áreas deberían caracterizarse por altas tasas de pérdida de bosques, pobreza, presencia de especies amenazadas y baja disponibilidad de agua en las cuencas. Además, se sugiere priorizar la conectividad entre las áreas protegidas existentes y desarrollar un sistema efectivo de monitoreo forestal utilizando tecnologías avanzadas. Este estudio resalta la relevancia de la cobertura vegetal y los impactos negativos de la deforestación en la escorrentía superficial y la disponibilidad de agua en las cuencas. Destacando la conservación y gestión sostenible de los bosques nativos en la región del Maule y sus impactos ambientales.

Los aprendizajes obtenidos a través de la indagación científica abarcan tanto aspectos conceptuales como procedimentales. En términos conceptuales, se exploró la influencia de

la vegetación y la topografía en la escorrentía superficial y su tiempo de retardo. Este enfoque permitió comprender cómo estos factores impactan en el ambiente natural. Desde un punto de vista procedimental, enfrentamos el reto de resolver un problema complejo mediante la prueba de diversas metodologías, descartando aquellas que no arrojaron resultados concluyentes. A lo largo de la investigación, se reconoce la relevancia de estudiar estos fenómenos para el medio ambiente.

Durante el proceso investigativo, también se enfrentaron desafíos significativos, como la limitada disponibilidad de instrumental adecuado; no obstante, el esfuerzo fue mayor por generar resultados significativos en esta indagación.

La realización de actividades investigativas proporciona una valiosa experiencia en este ámbito y permite comprender cómo diseñar y ejecutar correctamente estas prácticas en el aula. Este proceso impulsa la búsqueda de métodos que fomenten un aprendizaje verdaderamente significativo para los estudiantes.

Una estrategia clave en este sentido es la promoción del trabajo autónomo, donde los(as) alumnos desarrollen habilidades de investigación, análisis crítico y síntesis de información. Este tipo de actividades no solo fortalece sus competencias investigativas, sino que también les brinda la oportunidad de profundizar en temas relevantes de manera específica.

Al trabajar de manera autónoma, los(as) estudiantes aprenden a gestionar su tiempo, a tomar decisiones sobre la relevancia de la información y a desarrollar un pensamiento crítico al evaluar la validez y confiabilidad de las fuentes consultadas. De este modo, la investigación en el aula se convierte en

una herramienta esencial para la formación de individuos analíticos y con mayor capacidad de argumentación.

Este trabajo de investigación podría contribuir significativamente a la enseñanza de la geografía. A través de la recopilación y búsqueda de información previa y la elaboración del marco teórico, en el cual los(as) estudiantes podrán interiorizar y familiarizarse con conceptos geográficos complejos, los cuales posteriormente mediante la aplicación de una metodología específica, podrán comprender como estos mismos conceptos teóricos son trasladados a la práctica, facilitando la comprensión de estos.

6. Referencias

- Alencar da Silva Alves, K. M., Parodi Dávila, M. C., Zimmermann García, E. D., Rodrigues de Lira, D., & de Araujo Monteiro, K. (2021). Caracterización morfométrica de la cuenca del Salado Bajo, Región de Atacama, Chile. *Investigaciones Geográficas*, 62. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2021.64574>
- Altamirano, A., & Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(1), 53-64. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000100007>
- Casali Sarasibar, J., López Rodríguez, J. J., & Giráldez Cervera, J. V. (1999). Erosión por cárcavas efímeras en el sur de Navarra (España): descripción y cuantificación. *Ingeniería del agua*, 6(3), 251-258.
- Chirino, E., Bellot, J., Bonet, A., & Andreu, J. M. (2003). EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE CUBIERTA VEGETAL EN EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN CLIMA SEMIÁRIDO. SE – ESPAÑA. *EDAFOLOGÍA*, 10(3).
- Jaya-Santillán, J. (2023). Altos niveles de erosión hídrica en una microcuenca tropical calculado mediante el modelo USLE. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 15(1). <https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4269>
- Lozano-Rivas, W. A. (2018). ESCORRENTÍA. In *Clima, hidrología y meteorología* (pp. 369–390). Universidad Piloto. <https://doi.org/10.2307/j.ctv7fmfh3.17>
- Luna, L., Moreno, F., Roldán, J., & Cienfuegos, I. (2004). Influencia de la vegetación en el balance hídrico superficial de la cuenca hidrológica de "El Cabril." *Revista Ingeniería Del Agua*, 1971.
- Ramos Franco, A., & Armenteras Pascual, D. (2019). Interceptación y escorrentía del bosque altoandino en la reserva forestal protectora "El Malmo." *Acta Biológica Colombiana*, 24(1). <https://doi.org/10.15446/abc.v23n3.67039>
- Strahler, A. N., & Strahler, A. H. (1989). *Geografía física* (3a ed.). Omega
- Triviño Pérez, A., & Ortiz Rojas, S. (2004). Metodología para la modelación distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos. *Investigaciones Geográficas*, 35. <https://doi.org/10.14198/ingeo2004.35.08>