

REMOCIÓN DE MASA

ISABELLA PÉRSICO

CATALINA VERA

Resumen:

Mediante la realización del presente artículo de investigación científica, se busca dar a conocer el desarrollo del proceso geomorfológico de remoción en masa, el cual permite analizar los diversos factores y elementos resultantes del fenómeno gravitacional de erosión, transporte y sedimentación de rocas con distintas composiciones, volúmenes y tamaños. Esta investigación se basa en una actividad práctica que recrea un evento de movimiento de inclinación o deslizamiento en masa, ejecutado con la ayuda de instrumental rudimentario construido a partir de los recursos disponibles en el espacio geográfico de trabajo. El objetivo de este proyecto experimental es identificar una metodología basada en el ensayo y error, de la cual se tomarán registros para interpretar, describir, explicar y comparar los resultados obtenidos en etapas posteriores.

Conforme a lo expuesto anteriormente, el enfoque se centra en el proceso de remoción en masa, recreado en diversas ocasiones a través de la construcción de dos pendientes con inclinaciones de 10° y 20° sobre una superficie plana. Este diseño se orienta al estudio del transporte de agua y sedimentos, para lo cual se utilizaron seis muestras de rocas, tres para cada pendiente. Los resultados obtenidos

de este ejercicio fueron presentados a través de gráficos y tablas, con el fin de clarificar la recopilación de datos del experimento realizado en la localidad de Cascadas, ubicada en la comuna de Puerto Octay.

Palabras clave: Remoción en masa, erosión, transporte, sedimentación, pendiente.

1. Introducción

El fenómeno geológico que se aborda en este estudio es la "remoción en masa", un proceso geomorfológico y climatológico que se produce cuando una parte de la masa superficial se desplaza pendiente abajo, bajo la influencia de la gravedad. Según Espinoza (2013), este fenómeno, también conocido como deslizamiento, puede ser causado por una serie de eventos de origen tectónico, como un sismo o terremoto, o por intervenciones antropogénicas. La remoción en masa ocurre debido a la magnitud del fenómeno y la fuerza gravitacional, que hace que el suelo, la roca o el regolito se desplacen de una ladera hacia abajo, impulsados por factores como precipitaciones intensas, modificaciones del entorno, aluviones, tsunamis o tormentas. El material se mueve hasta alcanzar un punto de reposo donde la roca o el sedimento se asientan con el paso del tiempo.

Asimismo, el concepto de remoción en masa abarca un conjunto de procesos geofísicos, entre los cuales se encuentran la influencia de deslizamientos, flujos de agua, afluentes y caídas, de los cuales cada uno de ellos se diferencia o caracteriza por producirse en un determinado territorio o periodo de tiempo, esto mediante la erosión, que corresponde

al desgaste que se produce en una superficie en específico, ya que la roca preexistente se ve intervenida dado la existencia de agentes externos destructores, como lo puede ser el agua o las precipitaciones, la acción del viento, el deshielo, la acción biológica, entre otros. Donde por efecto o producto de la fragmentación de las partículas erosionadas, estas son trasladadas de un lugar en particular hacia otro, gracias a los factores ya mencionados, además del motor crucial conocido como la de fuerza gravedad, para así alcanzar su posterior sedimentación. Si bien es un proceso muy similar a la remoción en masa no es igual, debido a que este fenómeno de erosión, transporte y sedimentación ocurre continuamente a lo largo de los años de manera cíclica, lo cual genera la creación de vertientes, lagos o cuencas hidrográficas. En cambio, la remoción en masa ocurre en un momento concreto y por una razón en específico.

Por esta razón, se decidió enfocar el proyecto de investigación en los procesos geomorfológicos y climatológicos previamente mencionados. El experimento consistió en la creación de diversas muestras de rocas propias de la zona de trabajo, las cuales fueron separadas, medidas, pesadas y clasificadas. Posteriormente, se elaboraron dos pendientes con diferentes inclinaciones. El objetivo principal de este estudio fue recopilar información específica sobre la huella de arrastre dejada por los sedimentos de roca durante la simulación de la cuenca hidrográfica. De esta manera, se buscaría transformar los datos obtenidos a partir de la recreación del experimento, tanto antes como después de la realización de las pruebas.

En consecuencia, se procederá a ejemplificar y comparar los objetivos desarrollados durante el proceso experimental de esta actividad práctica

con otros eventos, noticias relacionadas o estudios similares que puedan acercarse a los resultados que se buscaban obtener. Este análisis permitirá dar cuenta de la mejor manera posible sobre el fenómeno de remoción en masa, ya sea de forma semejante o distinta al producto metodológico práctico obtenido en este estudio.

1.1 Marco teórico

El artículo de investigación titulado "Transporte de sedimentos en cauces de alta pendiente" (Aguirre-Pe, Olivero, & Moncada, 2000) se enfoca en abordar e identificar las variables adecuadas para predecir las condiciones críticas de iniciación del movimiento de partículas sueltas en el lecho de canales o ríos con contornos de gran rugosidad (profundidad menor que 10 veces la rugosidad) y alta pendiente (pendiente mayor que 0,005). Los autores describen diversos procedimientos utilizados en el proceso de transporte de material, empleando fórmulas matemáticas exactas. Sin embargo, las metodologías presentadas en este estudio difieren de la nuestra, ya que los datos y constantes utilizados en su investigación no coinciden con los objetivos y enfoque metodológico de nuestro grupo de trabajo. Esta diferencia queda reflejada en la siguiente cita:

"La primera considera el exceso de caudal sobre el caudal crítico unitario como variable determinante de las condiciones de arrastre y la segunda incorpora la influencia del número de Froude densimétrico de las partículas en exceso a su valor crítico. Se comparan los resultados de las diferentes aproximaciones con mediciones de laboratorio y con bancos de datos de ríos, disponibles en la literatura. Se propone una nueva función de transporte, que se ajusta mejor que las relaciones funcionales analizadas" (Aguirre-Pe, Olivero & Moncada, 2000, p. 1).

El artículo titulado "Diseño de experimento de un movimiento en masa a escala de laboratorio", elaborado por Quevedo Barrios (2017), se construye como un experimento de investigación con el objetivo de abordar el fenómeno geomorfológico de la remoción en masa, el cual fue recreado a escala de laboratorio. Este estudio surgió como respuesta a las numerosas tragedias asociadas a este fenómeno en diversas zonas de Colombia, donde el deslizamiento de masa o material ha provocado innumerables pérdidas humanas y daños económicos. La preocupación radica en el manejo inadecuado de zonas con inclinaciones altamente inestables, lo que deja expuesto un territorio ya susceptible a movimientos de riesgo, especialmente tras fuertes lluvias, sumado a las complejas condiciones geográficas que dificultan la supervivencia. Entre los objetivos principales de este proyecto se destacan el reconocimiento de las características geomorfológicas del movimiento en masa, la identificación del material de estudio recolectado, la simulación computacional mediante el uso de un software, y el análisis de escalas cartográficas y digitales del proceso, entre otros. Este propósito queda reflejado en la siguiente cita:

“Para garantizar una alta confiabilidad del modelo diseñado, fue necesario estudiar la mayor cantidad de condiciones presentadas en el evento real ocurrido en Gramalote. Para ello, se realizó una búsqueda profunda de la información disponible asociada a dicho evento, así como de modelos análogos elaborados previamente que sirvieran como herramienta para el planteamiento del modelo matemático. Posteriormente se analizó la información recolectada (cartografía, fotografías aéreas, estudios geotécnicos, productos obtenidos a través sensores remotos, registros históricos de lluvias, entre otros) para definir el área de influencia del movimiento y la escala del modelo. Además, se optó por modelar el

evento en un software (Plaxis 8 2D), con el fin de observar el comportamiento de la ladera bajo la influencia de ciertas variables” (Quevedo Barrios, 2017, p. 54).

Como se ha observado a través de los distintos trabajos de investigación y experimentación sobre el proceso de remoción en masa, cada proyecto presenta variables similares a las que se exponen en nuestra investigación, tales como las mediciones de rocas y pendientes, el peso de los elementos o sedimentos, la velocidad o intensidad del agua, la dispersión del material, la utilización de varias muestras, entre otras. Sin embargo, también se puede notar que la metodología utilizada por otros autores varía, ya que algunos realizaron más pruebas, lo cual dependió de la cantidad de muestras empleadas. Además, los pasos seguidos durante el experimento fueron diferentes, y en muchos casos se utilizó un instrumental mucho más especializado que el utilizado en nuestra investigación. Asimismo, es evidente que el enfoque y la finalidad de los otros estudios están estrechamente relacionados con la problemática que abordan, lo cual lleva a la adopción de metodologías específicas y, en consecuencia, a la obtención de resultados que responden a estos enfoques particulares.

En base a lo planteado anteriormente, se desarrollan las siguientes hipótesis para nuestro proyecto, centrado en el proceso de remoción en masa y en los fenómenos de erosión, transporte y sedimentación:

- Hipótesis principal: Independientemente de la pendiente, los sedimentos más pequeños viajarán una mayor distancia.
- Hipótesis secundaria: La

distribución de los sedimentos en la superficie variará dependiendo de la pendiente, siendo diferente en pendientes más inclinadas en comparación con aquellas menos inclinadas.

2. Metodología

Para comprobar o rectificar las hipótesis planteadas inicialmente, se llevó a cabo un experimento en el que se recreó la función de un río, utilizando diversas herramientas, materiales de construcción caseros, muestras de rocas o sedimentos y la creación de pendientes.

Los materiales e instrumentos utilizados para realizar este experimento fueron los siguientes:

- Un protector de una ampolla led, con una forma alargada.
- Un cartel, ya que era sumamente necesario tener una superficie plana.
- Una llave de agua ubicada en el exterior que tenía una cierta altura con respecto al nivel del suelo
- Seis vasos plásticos de 250 ml c/u.
- Un transportador grande de madera para la pendiente.
- Varios coladores para la arena y sedimentos.
- Una regla para realizar diversas mediciones.
- Una pesa para comprobar o comparar resultados.

El experimento realizado se dividió en dos partes. La primera de ellas consistió en la recolección de seis muestras diferentes de sedimentos, cada una guardada en un vaso plástico.

Tabla 1. Pesos de las muestras.

| Tamaños de sedimento | Pesos por vaso antes del experimento (gr) |
|------------------------|---|
| Arena | 206 gr. |
| Roca pequeña (0-1 cm). | 55 - 58 gr. |
| Roca de (1 cm - 2 cm). | 30-33 gr. |
| Roca de (2- 3,5 cm). | 20-26 gr. |
| Roca de (3,5 - 5 cm). | 55-73 gr. |

Fuente: Elaboración propia.

2.1 Proceso metodológico

Imagen 1. Selección y separación de las muestras.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la fotografía N°1: La imagen muestra una de las primeras etapas del proceso experimental, donde se observa la identificación, separación y clasificación de las rocas o sedimentos en distintos grupos según su tipo y características. En la fotografía también se puede apreciar la disposición de la arena en varios vasos, que fueron utilizados para separar y medir los distintos tamaños de partículas de sedimentos, contribuyendo así a la organización y preparación de las

muestras antes de proceder con la creación de las pendientes y la simulación del flujo de agua.

Imagen 2. Separación de rocas.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la fotografía N°2: En esta etapa del proceso experimental, se decidió organizar las rocas o sedimentos en cuatro grupos distintos, clasificados según su tamaño. Es importante señalar que, para mejorar la precisión de las mediciones y representaciones, se optó por expresar todas las medidas de las rocas en centímetros. Esta decisión permitió obtener resultados más concretos y estandarizados, facilitando el análisis comparativo de las muestras durante el desarrollo del experimento.

Imagen 3. Separación de las muestras de arena.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la fotografía N°3: En esta imagen se observa la separación de las muestras de arena, cada una con un peso promedio de 206 gramos. Las muestras están organizadas en dos grupos de vasos, correspondientes a las pendientes utilizadas en el experimento. El primer grupo incluye los vasos numerados del 1 al 3, mientras que el segundo grupo está compuesto por los vasos numerados del 4 al 6. Esta organización permite realizar un seguimiento preciso de la distribución del material durante el experimento y facilita la comparación de resultados según las pendientes utilizadas.

Imagen 4. Distribución equitativa de los sedimentos en los vasos.



Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la fotografía N°4: En esta fotografía se muestra el proceso de distribución equitativa de los sedimentos en los vasos. El vaso número uno, que contiene los sedimentos más pequeños (0-1 cm), fue dividido en seis partes iguales para asegurar una distribución uniforme entre cada muestra. Esta organización es crucial para garantizar la consistencia en el experimento y permitir la comparación precisa de los resultados en función de las diferentes pendientes utilizadas.

Imagen 5. Preparación de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción de fotografía N°5: Como se puede observar en esta etapa del proceso, se continúa realizando el mismo procedimiento con cada uno de los cuatro grupos de rocas o sedimentos. Las porciones correspondientes son separadas y distribuidas en los seis vasos según las muestras. En este punto, todas las muestras han sido preparadas e integradas de acuerdo con el peso asignado a cada vaso. Los cuatro vasos que contenían los sedimentos ahora están vacíos, lo que indica que la fase de preparación ha concluido y que el experimento está listo para avanzar a la siguiente fase.

Continuando con la metodología, en la

segunda fase del experimento se llevó a cabo la recreación de un río mediante la creación de pendientes con diferentes grados de inclinación.

Para hacerlo, utilizamos el protector de la ampolla como el cauce de un río y una llave como la fuente de agua. Con ayuda de un transportador, fuimos ajustando la inclinación del protector de pantalla, esto de acuerdo a las pendientes que habíamos escogido previamente, para evaluar la variación que presentaban las distancias recorridas por los sedimentos. En la zona donde el protector entra en contacto con el suelo, posicionamos el cartel, con el propósito de que los sedimentos llegaran a una superficie plana y se nos hiciera mucho más fácil realizar la medición de la distancia que recorrieron estos con respecto al final de la pendiente. Una vez ejecutado esto, ponemos una de las muestras de rocas preparadas con anterioridad en la parte de arriba del protector y hacemos correr el agua durante un minuto de manera constante, es decir, sin realizar variaciones en la intensidad o velocidad de aquella.

Imagen 6. Representación de la pendiente.

Fuente: Elaboración propia

Descripción de fotografía N°6: En esta imagen se puede observar la pendiente, la cual fue ajustada gradualmente para alcanzar la inclinación deseada. Además,

se utilizó un cartel que proporcionó una superficie plana al final de la pendiente, con el objetivo de lograr una mayor precisión en los resultados y facilitar la recolección de las muestras posteriores en la superficie. Este ajuste fue crucial para asegurar la exactitud de las mediciones durante el experimento. Una vez transcurrido el tiempo establecido, se detiene el flujo de agua y se procede a medir la distancia recorrida por los sedimentos de la primera muestra. Para ello, se divide el recorrido en tres zonas distintas de dispersión:

- Zona interna: Esta tiene de 0 - 2 cm de distancia con respecto a la desembocadura del "río".
- Zona Media: 2-7 cm de distancia.
- Zona externa: 7 cm o más.

Una vez delimitadas las 3 zonas, se recogen los sedimentos presentes en cada una de ellas utilizando coladores para separarlos del agua. Posteriormente, los sedimentos se pesan y se colocan en sus respectivos vasos de muestra para su análisis.

Siendo que la hipótesis principal establece qué los sedimentos más grandes van a quedar más cerca de la desembocadura y los sedimentos más pequeños van a recorrer distancias más largas, este experimento permitió comprobar que tan cierta es, pues mediante el peso que registra cada zona es identificable que la capacidad de dispersión varía muchísimo dependiendo de la cantidad de material que contenga cada división. Ya que, se espera que mientras más cerca esté de la desembocadura del río, más peso tenga.

3. Resultados

Continuando con la secuencia de pasos

de la metodología, se debe resaltar que todos los resultados obtenidos a lo largo del experimento fueron cuidadosamente anotados y detallados. Posteriormente, estos datos fueron organizados en diferentes tablas, cada una acompañada de sus respectivos gráficos, los cuales fueron generados en función de los datos recolectados.

En este caso, se cuentan con dos tablas distintas, una para cada pendiente, y se estructuran de la siguiente manera: en el lado izquierdo de cada tabla se encuentran las distintas distancias recorridas por los sedimentos o rocas en la superficie, divididas según sus respectivas zonas de dispersión. En el lado derecho, se registran los pesos de los sedimentos de cada zona al final de las tres pruebas realizadas para cada pendiente de inclinación. Estos pesos se obtienen después de haber filtrado la mayor parte del agua presente en los sedimentos, ya que el agua podría alterar los resultados de cada sección. Este procedimiento se repitió en las tres pruebas realizadas para simular el proceso de remoción en masa en las pendientes de inclinación.

Es por esto que los gráficos fueron utilizados para representar los resultados adquiridos y posteriormente aquellos son registrados en las tablas mencionadas anteriormente. Estos gráficos son de tipo lineal, pues cada una de las líneas tiene un color distintivo y representa el peso que han tenido las diferentes zonas a lo largo de todas las pruebas, lo cual facilita ver todas las variaciones o diferencias que han desarrollado las diversas muestras en el proceso.

Por otro lado, en el lado izquierdo de la tabla se representa el peso, el cuál está medido en gramos, y en la parte inferior

se encuentran marcados los resultados de las pruebas ejecutadas.

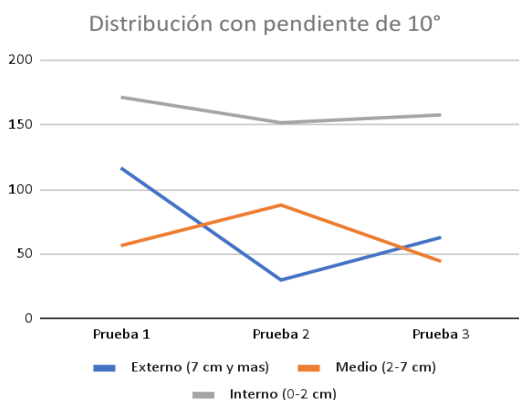
Tabla 2. Muestras de la pendiente de 10°.

| Muestras de la pendiente de 10° | | | |
|---------------------------------|------------------|------------|------------|
| Distancia | Peso (En gramos) | | |
| | Prueba N°1 | Prueba N°2 | Prueba N°3 |
| Externo (7 cm y más) | 116,9 | 30,2 | 63,2 |
| Medio (2-7 cm) | 56,8 | 88,2 | 44,6 |
| Interno (0-2 cm) | 171,6 | 151,9 | 157,9 |

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, esta primera tabla registra los diferentes resultados obtenidos y adjuntados para la pendiente de 10° en declive.

Figura 1. Distribución con pendiente de 10°.



Fuente: Elaboración propia.

En este gráfico se representan de forma visual los resultados detallados en la Tabla N°1. La línea de color gris representa el peso de los sedimentos acumulados en la zona interna, es decir, a menos de dos centímetros del final de la pendiente. El peso oscila entre 150 y 175 gramos, manteniéndose constante a lo largo de las tres pruebas, ya que esta zona fue la que presentó siempre el mayor peso de sedimentos. Por otro lado, la zona intermedia, que va de 2 a 7

cm, está representada por la línea naranja. En la primera prueba, registró un peso de aproximadamente 57 gramos. En la segunda prueba, este peso aumentó a unos 88,2 gramos, para finalmente disminuir en la tercera prueba, alcanzando un mínimo de 44,6 gramos. La variación observada en esta zona intermedia, así como en la zona externa, durante la segunda prueba, se explicará más adelante en la sección correspondiente a la discusión.

Finalmente, la línea azul muestra el peso de la zona externa en las tres pruebas. El peso de esta zona oscila entre 120 y 30 gramos aproximadamente, con su valor más alto alcanzado en la primera prueba (116,9 gramos) y el más bajo en la segunda prueba (30 gramos). En la tercera prueba, los resultados se duplican en comparación con la segunda prueba, alcanzando 60,3 gramos de sedimentos.

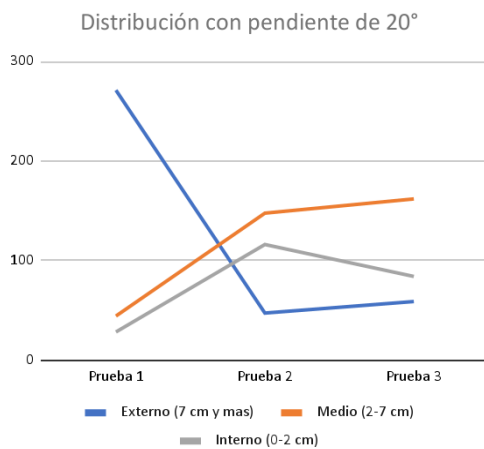
Tabla 3. Muestras de la pendiente de 20°.

| Muestra de la pendiente de 20° | | | |
|--------------------------------|------------------|----------|----------|
| Distancia | Peso (En gramos) | | |
| | Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 |
| Externo (7 cm y más) | 271,4 | 47,4 | 59 |
| Medio (2-7 cm) | 44,4 | 147,8 | 162,1 |
| Interno (0-2 cm) | 28,4 | 116,3 | 84,2 |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°2 se presentan los resultados obtenidos a partir de las tres pruebas realizadas para la pendiente de 20° de inclinación. A diferencia de los resultados obtenidos con la primera pendiente, se puede observar que en esta nueva pendiente las muestras recorren distancias más largas, lo que genera un descenso en el peso de los sedimentos acumulados en la zona interna. A su vez, este fenómeno provoca un aumento continuo en los resultados de las otras dos zonas (intermedia y externa), lo que indica que a medida que la pendiente aumenta, la distribución y desplazamiento de los sedimentos cambia de forma significativa.

Figura 2. Distribución con pendiente de 20°.



Fuente: Elaboración propia.

La línea que concentra la mayor cantidad de peso en la prueba uno es la de color azul, la cual representa la zona externa. Inicia teniendo un peso de unos 271,4 gramos, pero en la prueba dos desciende abruptamente a los 47,4 gr, para finalmente arrojar un resultado de 59 gr en la última prueba. El motivo de gran variación, al igual que en el caso anterior, será abordado en la sección correspondiente a la discusión.

La línea naranja es aquella que representa la zona media. Esta inicia con unos 45 gr

aproximadamente, luego asciende bastante en la prueba dos, dando un total de 147,8 gr, y en la prueba tres sigue subiendo, arrojando un resultado de 162,1 gr.

La última línea, la cual es de color gris, representa la zona interna. En la prueba uno pesa aproximadamente unos 28 gr, luego asciende drásticamente en la prueba dos, arrojando unos 116,3 gramos de peso. En la última prueba el peso desciende, obteniendo unos 84,2 gr de peso.

4. Discusión

Como ya se pudo observar a través de la elaboración detallada de gráficos y tablas, herramientas que permiten ejemplificar gráficamente el proceso llevado a cabo durante la metodología, los resultados obtenidos fueron significativamente diferentes a lo que inicialmente se planteó. En cuanto a los resultados presentados en el gráfico N°1, se puede argumentar que la variación observada en la prueba N°2 se debe principalmente a la composición de las rocas o sedimentos utilizados en las muestras.

La zona de Cascadas, donde se recogieron las muestras, se encuentra a solo 11 km del volcán Osorno, un estratovolcán que, según el Sernageomin, sigue activo, con su última erupción registrada en 1835. La proximidad de este volcán influyó considerablemente en la composición de las rocas, que son de tipo ígneas extrusivas, formadas por el enfriamiento del magma expulsado durante las erupciones del volcán. Según el Congreso Geológico de Chile (1988), “El volcán Osorno está compuesto fundamentalmente por basaltos y andesitas basálticas, afíricas y porfíricas.

Los términos más ácidos son extremadamente escasos y corresponden a riolitas” (p. 2). Esta composición volcánica específica fue clave para entender las diferencias en el comportamiento de los sedimentos durante el experimento.

En el caso del gráfico N°1, la muestra utilizada en la prueba dos tenía una mayor cantidad de escoria, un tipo de roca ígnea extrusiva que se caracteriza por tener muchos orificios en su interior, debido a el magma que la formó contenía una gran cantidad de gases encerrados en su interior, lo cual hace que esta sea mucho más ligera en peso comparada con rocas que poseían un tamaño similar, lo que les permite viajar mucho más lejos geográficamente. En el caso del gráfico N°2 ocurre algo bastante similar. Se puede ver que en la zona externa de la prueba uno, es decir, de la primera muestra hecha con la pendiente de 20° de inclinación, tiene mucho peso comparada con las otras dos zonas restantes. Esto se debe a que poseía una cantidad muy grande de escoria, tan grande que, a pesar de ser tan livianas, determinaron mucho el peso de la zona externa.

Para comprender mejor la aplicación y los resultados obtenidos en este proyecto de experimentación, se realizará un análisis comparativo con una noticia relacionada al fenómeno de remoción en masa. El evento tuvo lugar en el balneario de Pelluco, ubicado al este de la ciudad de Puerto Montt. Entre el lunes 6 y el martes 5 de julio del presente año, más de 63 familias fueron notificadas sobre el desalojo o evacuación de la zona, la cual se encontraba en riesgo debido a un posible derrumbe o deslizamiento en las laderas del cerro. Este riesgo fue generado por las intensas precipitaciones que han afectado diversas regiones del sur de Chile en fechas recientes. El deslizamiento del

cerro ocurrió sobre la Avenida Juan Soler Manfredini, arrastrando una vivienda que quedó atrapada entre los escombros.

Según los diversos testigos presentes describieron el suceso como una estampida de barro y agua. Del mismo modo, quienes habitan en este sector, comunicaron las distintas complicaciones que deben vivir diariamente las personas, sin embargo, es de vital importancia la evacuación de estas familias del sector de riesgo, ya que es muy probable un próximo derrumbe en posterioridad.

Lo sucedido en el caso de Pelluco guarda una gran similitud con lo que nuestro grupo de trabajo intentó recrear mediante la construcción y la metodología adoptada en este proceso de experimentación de remoción en masa. El objetivo principal fue observar y estudiar cómo la pendiente, la fuerza de arrastre del agua y la gravedad provocaban un movimiento determinado del material particulado o de la masa en general. Sin embargo, como se mostró en el apartado anterior, los resultados obtenidos, reflejados en los gráficos y tablas de las seis pruebas realizadas, mostraron valores distintos a lo esperado. Esto indica que nuestras hipótesis iniciales no eran completamente precisas.

Uno de los hallazgos más importantes fue la influencia de la inclinación de la pendiente. Al ser más empinada, como en el caso de la pendiente de 20°, la fuerza de gravedad aumentó la intensidad del efecto producido por el agua y los sedimentos, provocando que la mayoría de los materiales llegaran más lejos, hasta la zona externa, más de lo que inicialmente se había anticipado. Este resultado demuestra que la hipótesis principal planteada al inicio puede modificarse, ya

que sedimentos más grandes pero ligeros pueden desplazarse distancias mayores de lo que se pensaba.

No obstante, al observar el gráfico de la pendiente de 10° , se pudo ver que incluso los sedimentos más pequeños alcanzaron la zona externa. Esto indica que nuestra hipótesis no está completamente equivocada, aunque la inclinación sí juega un papel clave en el comportamiento de los sedimentos. En cuanto a nuestra pregunta de investigación secundaria, podemos concluir que es completamente cierta, ya que la pendiente resulta ser un factor determinante para la distribución de los sedimentos en la superficie.

Por lo tanto, este análisis nos lleva a reflexionar sobre la metodología utilizada durante el proceso de recreación del experimento, identificando las principales dificultades que se nos presentaron en el desarrollo de la actividad práctica. Uno de los obstáculos más importantes fue el uso de instrumental rudimentario, lo que afectó la exactitud de los resultados obtenidos, ya que la precisión en la medición podría haber sido más imprecisa de lo esperado. Asimismo, al trabajar con materiales rudimentarios o encontrados en el espacio geográfico, la tarea de recrear una pendiente adecuada resultó ser más compleja de lo anticipado. El desafío de construir un soporte cercano a la llave de agua requería materiales más elaborados, además de contar con una superficie plana para garantizar una mayor exactitud.

Otro error significativo fue la insuficiente toma de fotografías y videos durante el proceso, lo cual dificultó la documentación visual necesaria para un análisis detallado de la metodología y los resultados. Esta falta de registros visuales se reveló como una limitación importante,

ya que las imágenes y los videos habrían sido fundamentales para la elaboración de un informe más completo y para comprender con mayor claridad los resultados obtenidos. En futuras investigaciones, uno de los aspectos a mejorar será el registro fotográfico y audiovisual para asegurar una mejor documentación del proceso experimental.

Otra de las mejoras que se aplicarían en la recreación de este experimento de remoción en masa, sería la evaluación de otras variables, como la fuerza del agua y la composición de los sedimentos y rocas. Estos factores pueden influir de manera significativa en los resultados obtenidos, ya que podrían alterar la dinámica del proceso. Por lo tanto, al considerar estos nuevos criterios, la información proporcionada sería más específica y detallada, permitiendo un análisis más preciso de cómo estas variables afectan el comportamiento de la remoción en masa.

5. Reflexiones

Como conclusión, se puede afirmar que las hipótesis formuladas fueron en su mayoría correctas, aunque con algunas matizaciones importantes. En cuanto a la hipótesis principal, se comprobó que no solo el tamaño del material particulado influye en la distancia que recorren los sedimentos transportados por el agua. Existen otros factores decisivos, como el origen y la composición de los sedimentos, que también juegan un papel crucial en este proceso.

Respecto a la hipótesis secundaria, se validó la suposición de que los sedimentos en la pendiente de 20° recorren distancias mayores. Los resultados confirmaron que las zonas media y externa de esta

pendiente concentraron significativamente más peso que las mismas zonas en la pendiente de 10° durante todas las pruebas.

En relación con los niveles de aprendizaje adquiridos durante la investigación y la realización del experimento, se destacan varios aspectos importantes. Primero, esta actividad resultó ser muy útil para aprender a escribir un artículo científico, ya que representó una experiencia nueva. Aunque ya se conocía el método científico, sus componentes y su aplicación, nunca se había comprendido completamente cómo transmitir el conocimiento adquirido a través de este proceso de manera estructurada y clara. Además, se adquirieron habilidades para organizar la información en tablas y gráficos, los cuales luego fueron descritos y explicados, una tarea que no se había realizado anteriormente.

Asimismo, se aprendió a trabajar en equipo, ya que la realización del experimento requirió una organización adecuada con los compañeros. La convivencia y la coordinación en aspectos como el trabajo colaborativo, la gestión de las comidas y la distribución del alojamiento, fueron elementos clave para el éxito del proyecto.

Otra lección importante que se aprendió fue el desarrollo de la creatividad y originalidad, ya que los materiales disponibles para llevar a cabo el experimento eran en su mayoría objetos comunes que se pueden encontrar en cualquier hogar, como un colador o una pesa. Estas herramientas rudimentarias limitaron considerablemente las opciones para diseñar el experimento y afectaron la precisión de los resultados obtenidos.

La actividad resultó ser especialmente útil

en lo personal, ya que no solo permitió aplicar los conocimientos teóricos, sino que también permitió profundizar y comprender de manera más práctica el proceso de remoción en masa y la erosión que llevan a cabo los ríos. Este enfoque práctico facilitó la comprensión de conceptos clave relacionados con estos fenómenos, como la erosión, el transporte y la sedimentación. Además, proporcionó una visión más cercana de la influencia que los volcanes y su actividad tienen en las zonas circundantes a lo largo del tiempo, dado que determinan los tipos de sedimentos presentes en el espacio geográfico. A pesar de que la última erupción del Volcán Osorno ocurrió hace aproximadamente 190 años, aún se pueden encontrar muchas de las rocas ígneas formadas a partir del magma expulsado durante ese evento.

Al desarrollar un proyecto experimental en un lugar cercano y luego extrapolarlo a otras áreas de nuestra localidad, se le otorga una mayor relevancia y alcance. Este enfoque permitió que el proceso de enseñanza-aprendizaje fuera más sencillo, pues se trató de una experiencia directa, interactuando con los propios sentidos en un entorno conocido. Este enfoque facilitó la organización de las tareas de investigación y metodología, además de considerar los diferentes pasos que requiere un experimento, como la construcción del instrumental, la ejecución de la metodología y la creación de gráficos y tablas.

Estas vivencias y experiencias resultan muy útiles para el desarrollo de nuestras capacidades, habilidades y conocimientos en la asignatura. Como futuros docentes de Historia y Geografía, se espera que cumplamos con diversos estándares de calidad, uno de los cuales es el desarrollo

del pensamiento geográfico. Este estándar establece claramente que debemos fomentar en nosotros mismos y en nuestros estudiantes la indagación científica, la representación espacial y la interrelación entre la población humana y los sistemas naturales. En este sentido, nuestros estudiantes deben ser capaces de identificar y comprender distintos componentes geográficos y analizarlos desde diversas perspectivas y escalas, viendo el espacio como una construcción social influida por las relaciones multiescalares y multidisciplinarias entre los humanos y la naturaleza.

Para lograr este objetivo en nuestros estudiantes, debemos proporcionarles una sólida base teórica y metodológica. Sin embargo, ¿de qué sirve esa base si no sabemos cómo llevarla a la práctica? Las salidas a terreno son fundamentales en la enseñanza de la geografía, ya que permiten a los estudiantes conectar ese conocimiento teórico con experiencias directas: imágenes, olores, texturas, entre otros. En definitiva, las salidas a terreno permiten que los estudiantes relacionen el conocimiento con sus propios sentidos, haciendo el aprendizaje más significativo y concreto.

Además, las salidas a terreno son sumamente útiles para activar los conocimientos previos de los estudiantes y visibilizar diversas problemáticas medioambientales que los afectan en su vida cotidiana. Estas problemáticas no se limitan solo a cuestiones naturales, como la contaminación o la modificación de los cursos de agua, sino que también abarcan aspectos sociales, como las divisiones espaciales generadas por la segregación de clases sociales dentro de una misma ciudad.

Estos conocimientos y habilidades ayudarán a los estudiantes a comprender mejor el espacio en el que están inmersos, a reflexionar sobre cómo se relacionan con él, la percepción que tienen de su entorno y el impacto que pueden generar con sus decisiones. Un ejemplo claro sería si algún estudiante opta por usar bolsas plásticas o elementos contaminantes; a través de una salida a terreno, podríamos mostrarles las consecuencias de estas acciones sobre el medioambiente. Por ejemplo, podríamos llevarlos a un vertedero para que experimenten de primera mano los efectos negativos, como el deterioro del paisaje, los malos olores y las consecuencias derivadas, como la remoción en masa provocada por actividades humanas.

6. Referencias

- Aguirre-Pe, J., Olivero, M. L., & Moncada, A. T. (2000). Transporte de sedimentos en cauces de alta pendiente. *Ingeniería del agua*, 7(4), 353-365.
- Babault, J., Tesón, E., Gómez-Gras, D., i Cordoní, M. C., Rivas, E. G., Martín, J. D. M., ... & Castaño, L. M. (2008). Modelización experimental: una herramienta potente para la enseñanza de procesos suprficiales de erosión, transporte y sedimentación. *Geotemas (Madrid)*, (10), 39-42.
- Basile, P. A. (2018). Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales.
- BioBioChile. (2022). Tras remoción en masa: notifican desalojo en 24 horas de familias que viven en toma de Pelluco. *La Red de Prensa Más Grande de Chile*. <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-lagos/2022/07/05/tras-remoción-en-masa-notifican-desalojo-en-24-horas-de-familias-que-viven-en-toma-de-pelluco.shtm>.
- Castro López, F. R. (2018). Simulación de flujos granulares detonados desde el Cerro Montoso (Nariño, Colombia) e implicaciones para amenazas por remoción en masa. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/45160>
- Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile. (1988). Congreso Geológico de Chile [PDF].

- https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Roa-2/publication/326000141_Evolucion_magmatica_del_Volcan_Osorno_Andes_del_Sur_41_10%27S/links/5dbb91b8299bf1a47b071967/Evolucion-magmatica-del-Volcan-Osorno-Andes-del-Sur-41-10S.pdf.
- Espinoza Lizama, C. (2013). Propuesta metodológica para establecer áreas de riesgo por remoción en masa, Chile. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 22(2), 145-169. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X201300020_0009
- Falcón, F.; Fernández, J. (2020). Evaluación geológica preliminar de remoción en masa frente a Cerro San Roque, Comuna de Valparaíso, región de Valparaíso. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico. Santiago.
- González-Campos, J., Romero-González, C., & Carvajal-Muquillaza, C. (2021). Representación difusa del umbral de precipitaciones en el desencadenamiento de procesos de remoción en masa. *Uniciencia*, 35(1), 231-244.
- 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.
- Opitz, M., & Bravo, D. (2022). Emergencia en Puerto Montt: posible derrumbe de cerro Pelluco pone en riesgo la vida de 63 familias. ADN. <https://www.adnradio.cl/regional/2022/07/06/emergencia-puerto-montt-posible-derrumbe-cerro-pelluco-pone-riesgo-vida-63-familias.html>.
- Quevedo Barrios, B. N. (2017). Diseño de experimento de un movimiento en masa a escala de laboratorio. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16932>
- Ramos, A. M., Trujillo-Vela, M. G., & Prada, L. F. (2015). Análisis descriptivos de procesos de remoción en masa en Bogotá. *Obras y proyectos*, (18), 63-75.
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2022). Volcán Osorno - Red Nacional de Vigilancia Volcánica. Red Nacional de Vigilancia Volcánica. <https://mvv.sernageomin.cl/volcan-osorno/>.
- Vera, M. (2022). Así fue el derrumbe del cerro de Pelluco, el que pudo ser una tragedia - Diario De Puerto Montt. Diario De Puerto Montt. <https://www.diariodepuertomontt.cl/noticia/actualidad/2022/07/asi-fue-el-derrumbe-del-cerro-de-pelluco-el-que-pudo-ser-una-tragedia>.