

# SEDIMENTACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN PLUVIAL

JAVIERA ULLOA

MERARIS CARRIEL

## Resumen

Esta indagación científica se hizo con el objetivo de descubrir y comprender la forma en que la erosión por lluvia influye en el arrastre de sedimentos provocando la estratificación del mismo según los grados de inclinación que tiene la pendiente a la cual están expuestos. De manera secundaria se quiere llegar a la familiarización de conceptos y temáticas físicas de la geografía que tienen que ver con la estratificación y sedimentación del suelo, por lo que se debe estudiar la forma en la que se produce la erosión y otros conceptos involucrados. Este estudio aporta a los distintos enfoques pedagógicos con los que se puede trabajar dentro y fuera del aula para entender que los paisajes geográficos son producto de este ciclo erosivo que ha sido un proceso de miles de años, pero a la vez suceden otros que se desencadenan de un momento a otro debido a la escorrentía por lluvia como lo son los aluviones y los lahares.

**Palabras clave:** sedimentación, erosión, meteorización, pendiente, suelo, lluvia, agua.

## 1. Introducción

Las cuencas, los valles y las llanuras son resultado del ciclo de erosión, en este proceso intervienen agentes de transporte como lo son el agua, el viento, el hielo y la gravedad. En este artículo se indagará y enfocará en el primer agente, el agua, pero en forma de precipitación, y en el cómo este influye en el transporte de sedimentos.

Cuando un material como la roca ha sufrido cambios producto de la meteorización, al ser ésta disgregada y descompuesta in situ favorece la erosión y seguido de aquello su transporte. Pero la erosión también se ve estimulada según el grado de pendiente que posea el suelo, es así, como por medio del experimento que se realizará se busca tener como resultado una estimación del grado de inclinación que se necesita para que ocurran movimientos de material y su continua sedimentación que variará según la textura del suelo debido al grosor que podrá ser de arena, limo o arcilla. Si bien este ciclo es lento y continuo en el tiempo, se puede evidenciar a través de no sólo las grandes formaciones de relieve que son magníficas, sino que se asocia a ciertos fenómenos naturales como lo son las inundaciones o la creación de lahares entre otros.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Presentación del problema

El factor más importante en la erosión del suelo es el agua corriente. Tan pronto como las rocas se desintegran, el agua de lluvia arrastra partículas del material residual y las transporta en dirección a los océanos. En este contexto, el factor de pendiente juega un papel crucial, ya que *“siempre habrá erosión mientras existan terrenos en*

*pendiente por los cuales corra agua*" (Strahler & Strahler, 1969), lo que destaca la influencia de la pendiente en los procesos de erosión. Aunque la erosión es fundamental en la sedimentación y estratificación del suelo, otros factores como el hielo y la gravedad también contribuyen al movimiento de material hacia la superficie terrestre.

No obstante, la descomposición de rocas y la disgregación por meteorización, junto con la sedimentación incluida por erosión pluvial, se intensifican en su impacto a medida que aumenta el grado de inclinación del suelo. Esto se debe al tamaño de las partículas, su permeabilidad, resistencia al arrastre y cohesión. En este sentido, surge la siguiente interrogante: ¿A qué grado de pendiente se produce la sedimentación o estratificación del suelo según su textura?.

## 2.2 Estudios similares

En base a lo explicado en la presentación del problema se puede encontrar distintos estudios.

El primero analiza la meteorización física y química de las aguas subterráneas y superficiales del Río Claro ubicado en el cuadrángulo Yumbel en la Región del Biobío, Chile; se examina también la dinámica y comportamiento de éste con el fin de saber si las aguas subterráneas que se presentan en el lugar son aptas para el consumo, pudiendo utilizarse para faenas de regadío (González, Mardones, Silva, & Campos, 1999). Aquí se hacen diferentes análisis químicos de las aguas subterráneas, el sistema fluvial del río Claro y estudios de la composición del suelo; demostrando que para lograr un análisis completo de la situación en la que se

encuentra inserto un sistema hídrico o geográfico, se es necesario utilizar todas las variables para comprender el problema general, por lo que, en esta situación y también haciendo referencia al problema que se trabajará en el informe se señala:

Las características del suelo siempre influyen en la composición química y física del río y viceversa por los diferentes componentes que estos presentan pudiendo afectar en el desmenuzamiento de los suelos más gruesos con su posterior transporte de sedimentos (Strahler & Strahler, 1969, pág. 143).

También hay que resaltar el estudio experimental de la sedimentación de mezclas sólidas-líquidas en planos inclinados, ya que, en este estudio se tiene como objetivo el estudiar la tasa de sedimentación de material sólido con más de un tamaño característico bajo diferentes ángulos de inclinación. Se recalca la diferencia que provoca el que haya una mayor concentración de partículas a causa del tamaño de estas, por su forma y densidad, además de la viscosidad y densidad del fluido por el cual se llegan a transportar los sedimentos. Es aquí que, dependiendo de estas características y si se toma un ambiente simulado que intenta igualar las condiciones del exterior, se puede ver que hay una mayor sedimentación y estratificación cuando el ángulo es casi nulo debido a que no hay movimiento de fluidos y en consecuencia no hay escorrentía en este sistema, propiciando de esta manera la acumulación de sedimentos. Además se demuestra que según la textura de los sedimentos a transportar, si estos son más gruesos y pesados influyen en mayor grado en los patrones de sedimentación más aún si el ángulo de inclinación es más agudo a una superficie que está en posición horizontal (Ormeño, 2015).

Por otra parte, un análisis realizado en la Región de Aysén tenía como objetivo hacer un inventario a nivel de reconocimiento de los procesos de erosión (bajo remoción hídrica y/o eólica) que han afectado a la región. Este estudio demuestra cómo la sedimentación del suelo se ve influenciada por ciertos agentes que potencian el proceso de transporte como las abundantes precipitaciones, fuertes vientos y mucha humedad. Asimismo, juega un papel importante la variada geografía del lugar, que presenta una diversidad de paisajes y relieves, incluyendo la cordillera de los Andes en su mitad y el Océano Pacífico (Muñoz, Ortiz, & Venegas, 1979).

El mismo estudio demuestra que los sectores afectados por la erosión tienen un origen de acción antrópica (uso del suelo por forestales), sumado a las acciones naturales. Lo anterior incita a que haya áreas de deposición de sedimentos y fenómenos de inundación temporal o permanente en los sectores de niveles bases locales; esto significa que existan problemas de degradación de los suelos productivos y de arrastre y crecidas de los avenamientos principales de la región.

Bajo este análisis se pueden deducir tres cosas de este estudio: En esta región húmeda, el suelo es de textura fina, lo que favorece una mayor frecuencia de vegetación al proporcionar áreas de alimentación para las raíces de las plantas, siendo generalmente más abundante que en suelos de textura gruesa. En consecuencia, hay una gran actividad erosiva en la zona, ya que, al ser de textura fina y contener mucha humedad, y considerando sus características geográficas abruptas, heterogéneas e irregulares con numerosas pendientes, se incrementa la posibilidad de que las partículas del suelo sean transportadas y

depositadas en diferentes lugares. Esto se debe a la acción combinada del agua, el viento, el hielo y la gravedad.

### 2.3 Desarrollo de Conceptos Claves

- 1) El suelo es la superficie de la corteza terrestre, y esta es el resultado de la descomposición a la vez que es un medio de crecimiento. Rebosa de vida y es la fuente del suministro de casi todos los alimentos.

En esta capa superficial cooperan tanto procesos físicos y químicos como procesos biológicos. Y estos dependen del clima y de sus depósitos del cual se ha engendrado, además del relieve, su edad en cuanto al tiempo de su desarrollo y los efectos superpuestos del cultivo (Holmes, 1960, pág. 24).

- 2) La sedimentación se da mediante dos tipos de procesos geológicos: la meteorización y la erosión.

El primero se define como la descomposición de las rocas como suma de los diversos procesos subaéreos que cooperan a poner de manifiesto la corrosión y la desintegración de las rocas. No obstante, los productos de la descomposición están sometidos a la acción de la gravedad y como consecuencia de esto hay una tendencia universal a que los materiales desagregados sean transportados hacia niveles más bajos especialmente cuando ayuda la acción lubricante del agua. La acción geológica que se da es de dos clases:

- Cambios físicos, en los cuales los materiales son desintegrados a causa de cambios de temperatura, acción de las heladas y organismos, favorecidos por la pendiente de las

laderas y por las características de las regiones desérticas o cubiertas de hielos.

- Cambios químicos, que producen la descomposición de los minerales, su disolución y desmenuzamiento por la acción del agua, el oxígeno y el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, así como por los organismos y los productos de su destrucción se ven favorecidos por el relieve suave y las condiciones de humedad generalmente en regiones tropicales. El desmenuzamiento requiere vencer la resistencia de los materiales aumentando la oportunidad de penetración posterior de agentes químicos.

Estos procesos se dan en íntima cooperación. Los materiales producidos en último término son fragmentos sueltos de minerales y rocas, productos residuales de descomposición (como la arcilla), y productos solubles que son arrastrados en disolución (Holmes, 1960).

Los productos resultantes de la meteorización de la roca tienden a acumularse en una capa denominada regolita que gradualmente se convierte en roca sólida, esta es la base de los sedimentos, que consisten en partículas de minerales separadas, transportadas y depositadas en un medio fluido, que puede ser el agua, el aire o el hielo de los glaciares. Además de ser junto a los sedimentos, los materiales básicos para la conformación del verdadero suelo y mantener el crecimiento de las plantas (Strahler & Strahler, 1969).

Por otro lado:

El suelo presenta distintos tipos de textura según su composición mineral que puede ser de arcilla, arena o lima. Pero una tierra vegetal pocas veces presenta una sola clase de mineral. Estas texturas influyen en la sedimentación (Holmes, 1960).

De modo que la arcilla presenta una textura fina e impermeable que provoca que en regiones húmedas y en vertientes de montaña tengan una violenta erosión, ya que, no absorbe el agua y esta corre a lo largo de la superficie arrastrando consigo mucha tierra, mientras que la arena puede drenar fácilmente el agua. De esta forma según las propiedades de textura se verán influenciados o afectados en mayor o menor grado por el proceso erosivo.

Las pendientes iniciales del terreno por los cuales los ríos comienzan a correr son producidas por movimientos de la corteza terrestre o por acumulaciones volcánicas. La formación de un valle fluvial depende de la pendiente original del terreno; del clima, que determina la lluvia, y de la estructura geológica subyacente, que determina la diversa resistencia a la erosión ofrecida por las rocas (Holmes, 1960).

La descomposición de las rocas suministra detritos (rocas sedimentarias), que arrastra los derrubios (sedimentos) que recibe, y al mismo tiempo adquiere más erosión de su propio cauce. Este arranque de materiales forman los valles (Holmes, 1960).

Los ríos son los principales agentes que intervienen en la excavación de los valles, no meramente a causa de su propio trabajo de erosión, sino sobre todo a causa de su enorme poder de transporte. La excavación de los valles lleva a su vez la formación de formas residuales del terreno, tales como picos, colinas, sierras y pináculos aislados de rocas resistentes es así cómo evoluciona el paisaje a uno muy variado, que cambia lentamente. Cuando los restos de rocas siguen siendo arrastrados por la corriente desde todas las partes de la cuenca, los valles se ensanchan y sus divisiones se van reduciendo hasta que la región se convierta en llanura. La serie completa de cambios

ocurridos durante esta larga evolución recibe el nombre de ciclo de erosión.

Este proceso de erosión (del latín, erodere, corroer) se lleva a cabo bajo agentes de transporte los cuales son: agua, hielo, viento y la gravedad, estos producen la denudación de la capa externa de la corteza de la tierra. Aunque al mismo tiempo estos sedimentos depositados en capas después de su transporte actúan como soporte de la materia del suelo y como sustrato físico para las formas de vida animal o vegetal (Holmes, 1960).

Hay que tener presente que no todos los sedimentos son de origen externo sino que también hay organismos que los modifican y crean sedimentos orgánicos a través de sus procesos vitales. Por ejemplo, las conchas de moluscos y los esqueletos de diversos organismos marinos enriqueciendo así el suelo y el ecosistema en el que se encuentran. Estos sedimentos orgánicos son fundamentales para el ciclo de nutrientes y la estabilidad de los suelos en diversos entornos naturales.

### 3. Metodología

#### 3.1 Diseño del Experimento

Se ocuparon 1200 gramos en todo el experimento: 200 gramos para cada intento que se hará con cada textura de arena, limo y arcilla.

Se trabajó con 3 trozos de plumavit, cada uno con medidas de 40 cm de largo y 10 cm de ancho; un transportador para medir los grados; un mantel de plástico de 50 cm de ancho y largo para recoger los sedimentos; una botella de plástico de 2 litros para simular la lluvia; 8 clavos de 5 pulgadas para asegurar el plumavit en su lugar; madera de aproximadamente 60 cm x 4 cm como referencia de altura para la

simulación de lluvia; 3 litros de agua adicionales en caso de necesidad; una regla de 30 cm; 4 bolsas plásticas para recolectar los sedimentos; una pesa electrónica pequeña; un plumón para marcar los ángulos de inclinación; y una corchetera para fijar las puntas del mantel de plástico y evitar que los sedimentos se escurran.

Con todos los materiales ya definidos, se procedió a tomar el plumavit a lo largo e insertar clavos en los dos pedazos restantes, creando una especie de pared. Se ajustó un extremo del plumavit en el suelo y el otro extremo se elevó a una distancia de 10 grados sobre el suelo utilizando el transportador. Este punto fue marcado con el plumón, y luego se retiraron los clavos para realizar el mismo procedimiento con ángulos de 20° y 30°, marcando cada posición de manera similar. Una vez completado este trabajo, se regresó al punto inicial, ajustando la pendiente del plumavit a 10 grados sobre el suelo.

Posteriormente, se implementó en una superficie plana un mantel de plástico. Se utilizó la corchetera para fijar las puntas del mantel a la plumavit previamente trabajada, creando una especie de plato para evitar que los sedimentos se escurran y facilitar su recolección y pesaje. Además, se colocó un trozo de madera frente a la plumavit para mantener el simulador de lluvia (la botella) a una distancia de 60 centímetros del suelo.

Después de preparar la superficie, se tomó una botella de plástico de 2 litros, y se utilizaron alfileres para perforar su base, creando agujeros distribuidos en un rectángulo de 8 cm x 10 cm, con una separación de 1 cm entre cada orificio. Esta configuración se empleó como instrumento para simular la lluvia en el experimento.

Con la arena por primera vez, así como con el limo y la arcilla, se tomó una porción de 200 gramos y se colocó en el recipiente de transporte. Se llenó la botella con agujeros con medio litro de agua y se situaron ambos elementos sobre la plumavit inclinada a 10°. Al mismo tiempo, se presionó la botella para asegurar una dispersión uniforme del agua, evitando que se formaran gotas gruesas.

Se observó el comportamiento del sedimento en este grado de inclinación y el efecto de erosión causado por la lluvia. Este procedimiento se repitió con los ángulos de 20° y 30° para comparar los resultados. La misma metodología se aplicó a cada tipo de textura. Cada muestra se dejó secar antes de ser pesada para su análisis posterior.

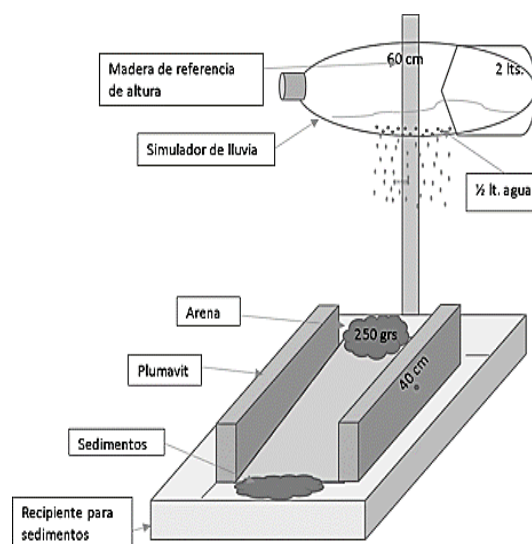
### 3.2 Validación de la Metodología

En un principio se intentó el experimento con los mismos implementos y materiales pero sin las paredes de Plumavit de modo que el resultado fue un esparcimiento de los sedimentos hacia los costados, por lo que, se concluyó que la mejor opción sería direccionar el proceso controlando en cierta forma mediante paredes del mismo material. Además, se notó que los orificios que se habían hecho eran demasiado grandes, lo que provocaba que el agua cayera de forma abrupta sobre los tipos de tierra, además de estar demasiado cerca de la misma.

Se procedió entonces a corregir las fallas agregando paredes de plumavit para sostener la estructura, y realizando agujeros de menor tamaño en la botella y ajustar la altura del simulador de lluvia para optimizar la distribución de agua. Con estas modificaciones, se logró llevar a cabo el experimento de manera efectiva. Debido a

que todos los procedimientos y materiales eran de fácil acceso, se concluyó que el experimento se puede realizar y cumplir con el objetivo de demostrar lo que se pretendía validar: mientras mayor es el ángulo de inclinación de la pendiente, mayor es el peso de las texturas de la tierra con las que se trabaja y, por lo tanto, hay una mayor cantidad de sedimentos.

Imagen 1. Boceto del experimento.



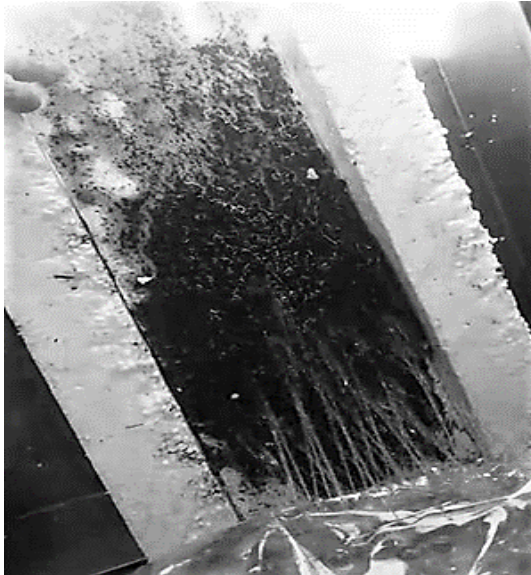
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2: Muestra pendiente con una inclinación de 10°.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 3. Muestra pendiente con una inclinación de 20°.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 4. Muestra pendiente con una inclinación de 30°.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Recopilación de la Información

La información recopilada se basó en el método cuantitativo, ya que se trabajó con los sedimentos que cayeron del experimento, midiendo su peso en gramos, incluyendo la humedad del agua. Esta medición estuvo sujeta a dos variables: los

ángulos de inclinación de la pendiente por la cual caían los sedimentos, medidos con un transportador, y los tres tipos de textura del suelo: arena, limo y arcilla. El experimento se realizó seis veces por cada tipo de textura, es decir, dos veces por cada ángulo (10°, 20° y 30°).

Dado que se utilizó el método cuantitativo, fue fundamental realizar una cantidad considerable de experimentos para cada textura de suelo y cada grado de inclinación. Esto permitió una representación precisa de los resultados a través de gráficos y promedios de sedimentación según los ángulos de pendiente y los tipos de textura del suelo. Además, se tabularon los resultados para facilitar su estudio y análisis.

## 4. Resultados

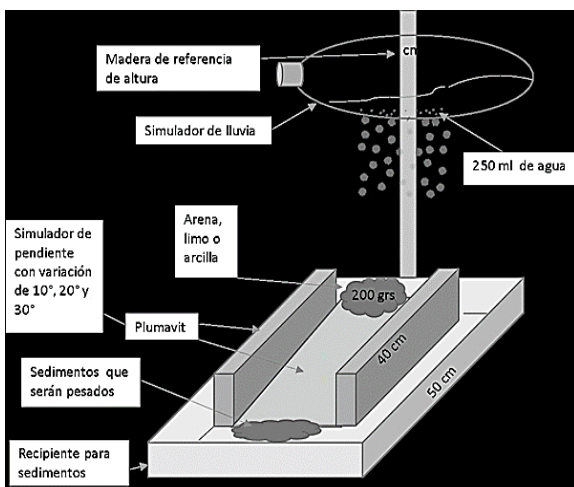
Para describir los resultados recopilados en esta sección de la indagación científica, se retomaron los puntos trabajados en la metodología de investigación y el marco teórico. Estos elementos fueron fundamentales para comprender la finalidad del experimento y responder a la pregunta que motivó esta indagación: ¿a qué grado de pendiente se produce la sedimentación o estratificación del suelo según su textura?. Además, se detalló la forma en que se llevó a cabo el experimento, incluyendo las condiciones y variables controladas, tales como los ángulos de inclinación y las diferentes texturas del suelo utilizadas (arena, limo y arcilla).

Se realizaron seis pruebas del prototipo por cada tipo de textura que tiene la tierra con el cual se trabajó. Este enfoque permitió obtener una cantidad significativa de datos para poder afirmar o negar la hipótesis planteada desde un inicio, que sostiene que

a mayor grado de inclinación se produce la erosión del suelo a través del transporte de materiales, lo cual trae como consecuencia la sedimentación y estratificación del suelo bajo pendiente. Los resultados confirmaron esta tendencia en las tres texturas de suelo estudiadas, proporcionando evidencia sólida para apoyar la hipótesis

La primera vez que se realizó el experimento no fue viable por razones que se mencionaron en el punto anterior; hacia la segunda vez se pudo observar que con los cambios hechos al prototipo sí se podría demostrar el proceso de erosión y sedimentación, y por último en esta ocasión se hizo posible el recoger los resultados que se mostrarán a continuación.

Imagen 5. Prototipo final para el experimento.



Fuente: Elaboración propia.

Es aquí que interactúan diferentes factores en el proceso de erosión y sedimentación del suelo, correspondiendo a la cantidad de agua lluvia que cae sobre la pendiente y posteriormente al tipo de suelo con el cual se quiere experimentar, tales como, a qué altura cae esta agua lluvia, la superficie donde va a caer el tipo de suelo (en la plumavit), los tipos de inclinación en la cual está sujeto el escurrimiento de los

sedimentos y los tipos de textura que normalmente se presentan en el medio natural y que por medio de este experimento se quiere replicar. (imagen 5)

Bajo esta última idea planteada, se establecieron como únicas dos variables alterables la textura del suelo y los grados de inclinación de la pendiente por donde estas se deslizaban. Las inclinaciones consideradas fueron de 10°, 20° y 30°, y las texturas del suelo se diferenciaron en arena, limo y arcilla. Además, se mantuvieron como variables constantes los mililitros de agua que caían sobre la pendiente, que fueron 250 mililitros por cada intento, y el peso del tipo de suelo utilizado en el experimento, que fue aproximadamente 200 gramos en cada replicación.

Para responder a nuestra pregunta, solo se considerará el peso de los sedimentos recogidos bajo la pendiente (producto de la simulación de erosión por lluvia), sin tomar en cuenta los sedimentos restantes sobre la pendiente.

Tabla 1. Resultados de muestra con arena en 200 gramos por 250 mililitros de agua.

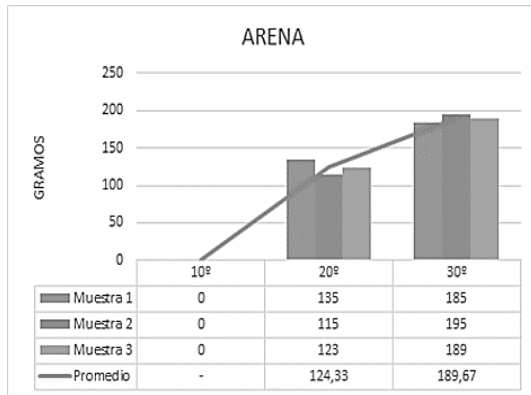
Grados	Muestr a 1	Muestr a 2	Muestr a 3	$\bar{x}$
10°	0 grs <sup>1</sup>	0 grs <sup>1</sup>	0 grs <sup>1</sup>	-
20°	135 grs	115 grs	123 grs	124,3 3 grs
30°	185 grs	195 grs	189 grs	189,6 7 grs

Fuente: Elaboración propia.

<sup>1</sup> Resultados en la fila de 10° de inclinación: Si bien se muestran en 0 no significa que no haya quedado sedimento bajo la pendiente, sino que el resultado fue tan pequeño que la pesa no tomaba su peso.



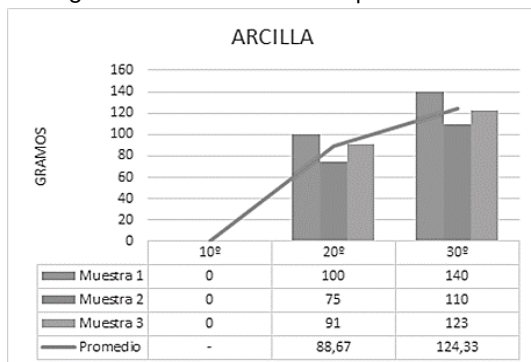
Gráfico 1. Desarrollo de la arena según grados de inclinación más sus promedios.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran una tendencia a acumular más sedimentos con mayor inclinación de la pendiente. Con una inclinación de 30°, se recogió un promedio de 189,67 gramos de los 200 gramos utilizados. Este valor disminuyó con una inclinación de 20°, con sedimentos entre 100 y 150 gramos. Finalmente, en la inclinación menor de 10°, la muestra de sedimentos fue tan ligera que la pesa no logró registrarla. Estos resultados indican que la pendiente juega un papel crucial en el transporte de sedimentos.

Gráfico 2: Desarrollo de la arcilla según grados de inclinación más promedios.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Resultados arcilla con 200 mililitros de agua lluvia y 200 gramos de arcilla en un principio.

Grados	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	$\bar{x}$
10°	0 grs <sup>2</sup>	0 grs <sup>2</sup>	0 grs <sup>2</sup>	-
20°	100 grs	75 grs	91 grs	88,67 grs
30°	140 grs	110 grs	123 grs	124,33 grs

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran una tendencia igual a la presentada en la gráfica anterior mientras mayor grado de inclinación tiene la pendiente mayor es la cantidad de sedimento recogido. Sin embargo ocurre que con el limo aunque tienen esta similitud con la arena, la cantidad de transporte fue menor y quedó mayor cantidad de material en la pendiente en el proceso de transporte erosivo puesto que los valores de sedimentos disminuyeron en contraste con el anterior.

Tabla 3: Resultados Limo con 200 mililitros de agua lluvia y 200 gramos de limo en un principio.

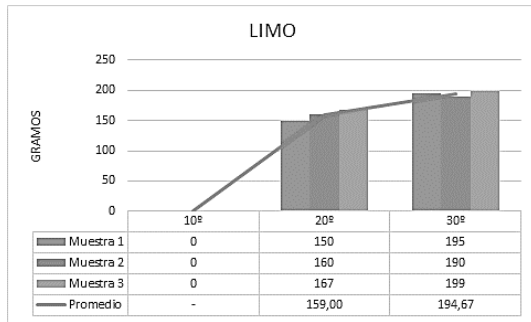
Grados	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	$\bar{x}$
10°	0 grs <sup>3</sup>	0 grs <sup>3</sup>	0 grs <sup>3</sup>	-
20°	150 grs	160 grs	167 grs	159 grs
30°	195 grs	190 grs	199 grs	194,67 grs

Fuente: Elaboración propia.

<sup>2</sup> Resultados en la fila de 10° de inclinación: Si bien se muestran en 0 no significa que no haya quedado sedimento bajo la pendiente, sino que el resultado fue tan pequeño que la pesa no tomaba los pesos de tales muestras.

<sup>3</sup> Resultados en la fila de 10° de inclinación: Si bien se muestran en 0 no significa que no haya quedado sedimento bajo la pendiente, sino que el resultado fue tan pequeño que la pesa no tomaba los pesos tales muestras.

Gráfico 3: Desenvolvimiento del Limo según grados de inclinación más promedios.



Fuente: Elaboración propia.

De igual forma se presenta una tendencia a generar mayor sedimento en pendiente de 30° con un promedio de 194,67 gramos y disminuye en 20° con 159,00 gramos y en 10° no es posible por la baja cantidad el pesarlo.

Tabla 4. Promedios de resultados de suelos por textura más promedios de variación de estos mismos según grados de inclinación.

GRADOS	$\bar{x}$ ARENA	$\bar{x}$ VAR. ARENA	$\bar{x}$ LIMO	$\bar{x}$ VAR. LIMO	$\bar{x}$ ARCILLA	$\bar{x}$ VAR. ARCILLA
10°	0 grs <sup>4</sup>	0 grs <sup>4</sup>	0 grs <sup>4</sup>	0 grs <sup>4</sup>	0 grs <sup>4</sup>	0 grs <sup>4</sup>
20°	124,33 grs	124,33 grs	159,00 grs	159,00 grs	88,67 grs	88,67 grs
30°	189,67 grs	65,33 grs	194,67 grs	35,67 grs	124,33 grs	35,67 grs

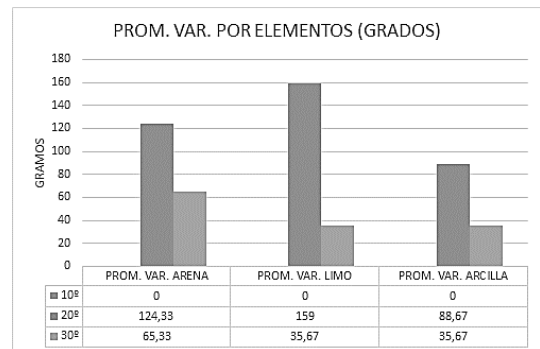
Fuente: Elaboración propia.

Es aquí (gráfico 4), donde se observan las variaciones que hay en los tipos de suelo, ya sea arena, limo y arcilla. Según los grados de inclinación, se presenta una tendencia a aumentar en gran medida en el

<sup>4</sup> Resultados en la fila de 10° de inclinación: Si bien se muestran en 0 no significa que no haya quedado sedimento bajo la pendiente, sino que el resultado fue tan pequeño que la pesa no tomaba los pesos tales muestras.

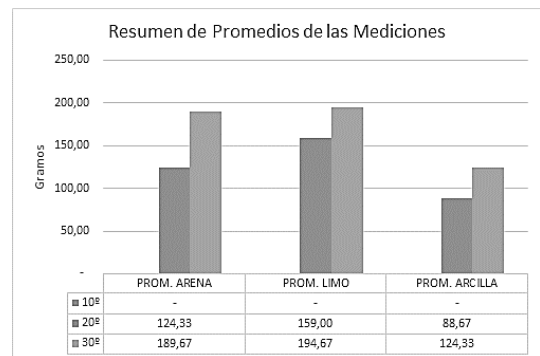
paso de 10° a 20°, ejemplificado en un mayor índice de variación en el limo con un cambio de 0 gramos (ya que, no era posible medir el sedimento bajo la pendiente por pesar lo suficiente para que lo tomara la pesa) a 159,00 gramos. También es menester recalcar que la arcilla tuvo una menor variabilidad debido a sus características físicas y químicas que por sí misma presenta (Esto se trabajará más adelante en la discusión).

Gráfico 4. Promedio en gramos de las variaciones de texturas de suelo según ángulos de inclinación.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Promedios de tipos de textura de suelo en gramos.



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 5 presenta una tendencia en cada una de las texturas, confirmando que en una pendiente de 30° hay mayor sedimento por transporte erosivo. A 20° de pendiente, la cantidad de sedimento disminuye, y en

una pendiente de 10°, es prácticamente nula. Esto se debe a que el poco peso que presentaban las muestras por textura hace que los materiales queden en la pendiente.

## 5. Discusión

### 5.1 Explicación de los resultados

Si se quiere hacer una explicación más detallada sobre los resultados obtenidos del experimento realizado para resolver la pregunta: ¿a qué grado de pendiente se produce la sedimentación o estratificación del suelo según su textura? y ver si se puede validar la hipótesis de que a mayor ángulo de inclinación de la pendiente ocurre más rápido la erosión por lluvia, el transporte de sedimentos, y por lo tanto, su sedimentación al terminar la pendiente.

Ahora bien, con todo lo anterior ya dicho, se puede aclarar que por las características de los tipos de suelos con los que se trabaja, que son: arena, limo y arcilla, se es imprescindible que por la permeabilidad que presentan estas más la textura, ya sea, la arena de una textura más gruesa hasta llegar a la arcilla que es la más fina, afecta en gran medida al deslizamiento de sedimentos.

El grado de inclinación afectará de cualquier manera y forma al transporte de sedimentos en una pendiente, sea cual sea la razón por la cual ésta se transporta, debido a que es la gravedad uno de los factores más importantes por los cuales están influenciados y sujetos todos los procesos físicos, químicos, biológicos, etc. que suceden en el globo terráqueo. Es por ello que a la hora de experimentar con la erosión de tipo lluvia (y de cualquier tipo de erosión en general) se sabe desde el

comienzo que a mayor grado de inclinación de la pendiente, va a haber un resultado más notorio con referente a la sedimentación del suelo y dependiendo de la textura de ésta un diferente tipo de estratificación. Todo esto se ratifica en la siguiente cita: *“Siempre habrá erosión mientras existan terrenos en pendiente por los cuales corra agua”* (Forda, 1957).

La arcilla tiene la característica de presentar partículas extremadamente pequeñas con minúsculos espacios por donde pueda existir una mayor porosidad además de ser cohesivo ofreciendo menor resistencia, es por ello, que al recolectar los resultados del experimento presentó una menor cantidad de material transportado; como lo fue su contraparte, el limo, que fue el que más presentó transporte de sedimentos, aun cuando tenga la característica de ser muy compacta y fina, ya que, presenta menor cohesión e interacción entre sus moléculas mientras que la arena es más gruesa y necesita mayor cantidad de agua para su movilización.

Finalmente, la arena tiene la característica de no presentar o presentar muy pocos nutrientes, además de tener mucha permeabilidad, ya que, retiene poca agua, es gruesa y no presenta la cualidad física de la cohesión como pasa con el limo y la arcilla (López, 1992).

### 5.2 Discusión de los resultados (el aporte de la indagación para el estado del arte)

Si bien la indagación en sí no se considera un aporte para la ciencia porque al ser de una escala de menor magnitud y de alguna forma producido de forma casera, en su metodología presenta variables que no lo hacen del todo preciso, se mencionara más

adelante en el punto 3 en las dificultades del procedimiento. Aun así este experimento contribuye en ser útil como material pedagógico para la explicación del proceso de erosión - transporte y sedimentación, en cuanto se observa que una pendiente es fundamental para acelerar el proceso antes mencionado, concluyendo que sobre los 20° de inclinación según la tabla mostrada arriba, el proceso de sedimentación del suelo será mucho más rápido que uno menor a ese valor como de 10 grados, ya que, en gran cantidad, aun así es un proceso de depósito lento en el tiempo y que evidentemente será mucho mayor en época de invierno y en zonas de precipitaciones con lluvias torrenciales.

### **5.3 Discusión de la metodología**

#### **5.3.1. Dificultades del procedimiento:**

Debido al material que se eligió para que sirva de base para la simulación de pendiente el cual fue la plumavit, este también se utilizó en ambos lados como barrera de contención pero no quedaba lo suficientemente apegado a la base (esto se hizo con clavos) lo que provocó que escurriera debido a la lluvia simulada cierta cantidad de textura de suelo causando variabilidad en los resultados de modo que se optó por presionarlo con las manos.

Fue difícil recopilar todo el material que escurría, ya que, debido a no sólo por lo mencionado en el punto anterior sino que porque al caer a la superficie plana (el plástico) esta se mezclaba con el agua y fue difícil no perder algunos gramos de sedimentos los cuales debían pesarse, ya que, aunque se había disminuido la cantidad de agua que se pensaba en un principio que era de 500 ml, estos 250 ml

para la arcilla fue poco, ya que, se formaba una especie masa compacta.

Por otro lado la botella que se eligió era de dos litros, y la cantidad de agua utilizada fue de 250 ml, esto conlleva a que la botella se hiciera demasiado grande mientras se apretaba para que cayera en forma de lluvia, lo que hacía que no se pudiese regar de la misma forma que cuando tenía los 250 ml de agua y dificultaba sacar toda la cantidad de la botella porque esta quedaba sin aire para ejercer presión.

#### **5.3.2. Mejoras del procedimiento**

Se es necesario cambiar algunos procedimientos que se hicieron en la metodología para así, a la hora de realizar nuevamente el experimento, se tenga una mejor recopilación de los resultados y por consecuencia un análisis, discusión y conclusión más efectiva a la hora de respaldar la hipótesis. Para ello se tiene que diseñar de mejor manera el experimento para que no se repita una fuga de sedimentos por los costados de la pendiente. Esto se lograría mediante una mejor sujeción de las paredes, evitando que los sedimentos se escurran por los lados. Para ello, se recomienda utilizar cinta adhesiva en la unión entre la plumavit que actúa como suelo de la pendiente y la que actúa como pared.

Asimismo, al referirse al segundo punto de las dificultades en el proceso, se vuelve necesario disponer de una mayor cantidad de tiempo y calor, para que el agua que escurre por la pendiente, y queda en el final no sea un factor de pérdida de sedimentos. Por ello, se planifica ocupar una mayor cantidad de tiempo para que, en el mismo recipiente en el cual caen los sedimentos después del escurrimiento, se sequen junto

con el agua que se utiliza, gracias a la radiación solar con la cual se trabajará (evaporándose finalmente), produciendo que al ya estar seca la muestra a pesar se pueda transportar de mejor manera y no haya el peligro de que queden sedimentos sin pesar.

En los puntos restantes es fácil hacer una mejora técnica del proceso, ya que, solo se necesita hacer una optimización a la botella con la cual se simula la lluvia, trabajando, posiblemente, con una de menor tamaño y con la misma cantidad de orificios, produciendo que al hacer caer la lluvia haya menor espacio por el cual se tenga que apretar la botella para que la lluvia sea uniforme.

## **6. Conclusiones**

### **6.1 Interpretación de fenómenos geográficos de escala global**

La acción directa de las lluvias en el proceso de sedimentación por erosión y transporte de material se ve reflejada en el experimento, de modo que éste ayuda a comprender cómo se depositan los sedimentos en el suelo de una manera sencilla, teniendo en cuenta a la vez, la complejidad de estos procesos geológicos en el cual influyen, también, otros factores como el clima, y en este caso primordialmente, enfocado a la pendiente el cual acelera en gran medida este proceso a mayor grado de inclinación.

Es así como se pueden explicar fenómenos geográficos como la creación de distintos tipos de paisajes y otros eventos naturales que ocurren en la actualidad, como los aluviones. En este caso, se puede entender que el material suelto presente en alguna

área montañosa es arrastrado cuesta abajo debido a las fuertes lluvias, especialmente en invierno. Esto acarrea no solo rocas, sino también tierra, que luego se transforma en barro. Un ejemplo de esto ocurrió el año pasado a mediados de diciembre en la Región de Los Lagos, cuando un aluvión afectó a la Villa Santa Lucía en Chaitén. Las intensas lluvias que duraron dos días transportaron material sedimentado, que descendió de una ladera alta del cerro y avanzó a través de un río, terminando en una planicie. Esta área se convirtió en una zona de depósito, afectando casi todo el poblado. Este hecho contrasta con el experimento de la investigación científica, que confirmó la hipótesis de que la sedimentación se acelera con la pendiente, evidenciada por el aluvión que cubrió la Villa Santa Lucía.

Otro ejemplo relevante para comparar, es la creación de lahares secundarios debido al transporte de material por erosión de lluvias. Tal es el caso del lahar presente en el sendero "El Solitario" del Parque Nacional Vicente Pérez Rosales, ubicado también en la Región de Los Lagos. Este lahar se formó por la actividad volcánica del volcán Osorno, que provocó el deslizamiento de material desde la cima del volcán hacia sus costados. En su trayecto, los restos de rocas ígneas desprendidas del volcán se acumulan y, con el tiempo, forman el lahar. Este material es transportado nuevamente por las intensas lluvias que caracterizan la región, sedimentando en una planicie similar al caso del aluvión en Villa Santa Lucía. Sin embargo, a diferencia del ejemplo anterior, estos sedimentos siguen siendo removidos por nuevas lluvias, evidenciando la dinámica continua de sedimentación y transporte en la región.

Por otro lado, se pueden entender algunas inundaciones que son provocadas por

intensas lluvias que causan derrumbes en cerros, transportando barro y provocando el desborde de canales, como ocurrió en la comuna de Tomé y Lomas de San Sebastián, en la Región del Bio Bio.

## **6.2. Aprendizajes obtenidos con la indagación (conceptual, procedimental y actitudinal)**

Los primeros aprendizajes obtenidos fueron de tipo conceptual, ya que, para realizar todas las mediciones pertinentes, fue necesario comprender la materia con la que se trabajaba y los elementos fundamentales que influyen en ella.

El estudio de la sedimentación y la estratificación como conceptos permitió una profundización en una parte de los sistemas geodinámicos abordados en el curso, centrándose específicamente en la dinámica del suelo y su proceso de sedimentación. Esto incluyó el análisis de cómo y por qué el suelo se sedimenta y estratifica, y cómo el grado de pendiente y la textura del suelo afectan estos procesos.

Al desarrollar estos conceptos y su dinámica, se integraron de manera temprana en la comprensión del tema los conceptos de meteorización, incluyendo la meteorización química, física y biológica, y su impacto en la sedimentación y estratificación del suelo. El estudio de las características que definen estos tipos de meteorización permitió entender cómo estos procesos afectan el comportamiento futuro del suelo en el medio natural. Esto facilitó la extrapolación de los conceptos y procesos descritos a los entornos mediato e inmediato, permitiendo observar los procesos de descomposición y degradación de rocas en Chile, tanto en la

Cordillera de la Costa como en la Cordillera de los Andes.

Se identificaron las diferencias entre los procesos de sedimentación en estos lugares, evidenciando cómo varían según el tipo de suelo y roca presente en cada región. Lo anterior hace que el relieve se moldee, siendo parte de un proceso mucho más grande de lo que se puede llegar a comparar con lo que se está haciendo en este momento con este experimento que es un proceso ínfimo en confrontación con todo el ciclo que conlleva el proceso general (tectónica de placas).

Para describir los aprendizajes obtenidos de manera procedimental, se puede decir que, para comprobar lo que se leía y entender el marco teórico, se necesitaba seguir un procedimiento muy claro. Para verificar si lo estudiado era correcto, se decidió realizar un experimento que tuviera las cualidades necesarias para aplicar los conceptos clave de la materia. Se usaron materiales que pudieran simular las características del medio natural, intentando igualar los procedimientos que ocurren en la tierra. Esto permitió ocupar y estudiar los materiales para ejemplificar de mejor manera la situación.

## **7. Bibliografía**

- Case, E. C., & Bergsmark, D. R. (1965). GEOGRAFÍA GENERAL, REGIONAL Y ECONÓMICA.
- González, L., Mardones, M., Silva, A., & Campos, E. (1999). Hidrogeoquímica y comportamiento del agua subterránea en la cuenca del río Claro, Región del Biobío, Chile. Scielo.
- Holmes, A., Candel Vila, R., & Comas de Candel, J. (1960). Geología física.
- López, F., Rubio, J. M., & Cuadrat, J. M. (1992). Geografía física. Cátedra. Madrid.
- Muñoz, M., Ortiz, A., & Venegas, P. (1979). Origen y depósito de sedimentos fluviales. Santiago de Chile.
- Ormeño, J. A. (2015). Estudio Experimental de la Sedimentación de Mezclas Sólidos-Líquida

Polidispersas en Planos Inclinados. Santiago de Chile.

Strahler, A. N., & Strahler, A. H. (1969). Geografía física. Padova, Piccin.