

# ESCORRENTÍA DIFUSA Y/O CONCENTRADA EN UNA LADERA CON DIFERENTES PENDIENTES

GABRIELA CEA

ÁNGEL GUTIÉRREZ

## Resumen

Para comprender las dinámicas del medio natural se debe entender que todo está interconectado, pues desde el menor fenómeno natural hasta los más complejos tienen razón de existir. Es por esto que se ha decidido explicar una de las dinámicas más comunes de la Tierra; esta es sin duda, el comportamiento de los suelos en el ámbito de su propia erosión.

Existen factores y variables que influyen en la erosión de los suelos. Se pueden mencionar el viento, las precipitaciones, la ausencia de vegetación, la meteorización química y la acción del hombre (véase deforestación y sobreexplotación de suelos), etc.

En la presente indagación científica se explicará cómo factores como las precipitaciones (intensidad) y la inclinación del suelo de una ladera pueden influir en su erosión (difusa o concentrada). Se trabajará con

conceptos claves para la explicación del proceso e información de suma importancia para dar validez a la hipótesis que se presenta como incógnita directa.

Mediante experimentos sencillos se dilucida la incógnita, pues es evidente que aquellas variables deben tener influencia directa en el suelo, pero aun así no se pueden establecer conjeturas sin tener una base teórica y empírica que justifique tal hipótesis sin caer en ideas vagas.

Por lo tanto, a través de un marco teórico, experimentación y análisis se concluye que definitivamente las intensidades de las precipitaciones y las inclinaciones de una ladera corresponden a un factor definitivo al momento de hablar de la escorrentía difusa y/o concentrada.

**Palabras clave:** Erosión, precipitaciones, escorrentía difusa, escorrentía concentrada.

## 1. Introducción

### 1.1. Presentación del problema

La erosión del suelo es un proceso geológico externo, indispensable al hablar de cambios del relieve, pues es casi imposible que en un lugar en el mundo no sufra algún tipo de erosión.

La problemática actual sobre los suelos son los cambios antrópicos sumamente dañinos, pero habitualmente solo se tiene conciencia hasta que ya no son rentables, viéndose la tierra solo como

un recurso que sustenta la ganadería y la agricultura dentro del mercado. Esto se mencionará más adelante cuando la indagación aterrice hasta la realidad y problemáticas del siglo XXI.

A continuación, se darán respuestas a la incógnita principal: ¿De qué manera el grado de intensidad de una precipitación influye sobre la escorrentía difusa y/o concentrada en una ladera con diferentes pendientes?

Se debe comprender que todo lo anterior es un sistema interconectado que influye dentro de lo que se ha propuesto en el enunciado, pues presenta variables que pueden diferir o no con el resultado final.

De esta forma, a lo largo de esta acotada presentación del marco teórico se esperará a que poco a poco se puedan esclarecer los conceptos teóricos y científicos que dan validez al enunciado, es decir, ¿Es verídico o falso lo que se propone dentro de la pregunta? ¿Es totalmente real que los factores inciden en el producto al cual se quiere llegar?

En primer lugar, en palabras simples se debe realizar una conexión entre las precipitaciones y su propia intensidad, luego preguntarse si influye en la escorrentía difusa o concentrada de una ladera, suponiendo que puedan existir inclinaciones de diferentes ángulos que hagan la diferencia.

En segundo lugar, se comenzará a dilucidar el núcleo teórico que responderá las inquietudes, es decir, los conceptos científicos y sus significados que permiten comprender mejor por qué todo está interconectado, teniendo en cuenta que las escorrentías de por sí son una parte fundamental del ciclo del agua.

## **1.2. Estudios similares y conceptos clave**

Para poder comprender la problemática que se presenta, es necesario definir los conceptos clave que se utilizarán en esta indagación científica, pues la claridad debe ser primordial a la hora de explicar el proceso de forma global.

Por esa razón, se comenzará por identificar lo que es una precipitación, la cual, en meteorología, son las gotas de agua en diferente estado (sólida, líquida o según otros criterios) que se producen luego de que ocurre un proceso de condensación al elevarse el vapor de agua con temperatura alta (Andrades y Múñez, 2012).

Aunque si bien se pueden encontrar lluvias, chubascos, lloviznas, nieve, etc., lo que importa en realidad, es la cantidad de metros cúbicos que pueden afectar, no su composición física o estado de la materia.

Una de las erosiones más importantes sobre los suelos es la erosión hídrica y se presenta cuando salpica el agua en un suelo que no posee la suficiente contención o maneras de poder protegerse, como, por ejemplo, la vegetación.

También se debe explicar que una erosión de suelo ocurre cuando se remueven los materiales que se encuentran en la superficie. Este movimiento se produce por acciones de origen externo, puede ser el viento o el agua o porque el agua se presenta en formas de lluvias (pluviales) o escorrentías, las cuales no se infiltran en el suelo, sino que estas aguas se

mueven en cauces fluviales (Escobar, 2002).

Dentro de este concepto se encuentra la escorrentía difusa, también llamada arroyada difusa, escorrentía superficial o aguas salvajes que se originan cuando hay precipitaciones en un terreno con elevación, pero no llega a formar un cauce, sino que se desplaza en forma de lámina de agua, produciendo finalmente erosión laminar en suelos propensos a esta (suelos áridos o con poca vegetación) (Escobar, 2002).

Este tipo de erosión se produce por salpicadura y al no tener cauce, solo arrastra los minerales y rocas que poseen las laderas. Habitualmente las lleva hasta la base, dejando desprovisto de componentes importantes que impiden la erosión, a pesar de existir una erosión pluvial.

(...) Tiene lugar cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o bien cuando el suelo se satura de agua, lo que da lugar a un exceso de agua en la superficie. (Institut d'Estudis Catalans)

Por otro lado, se encuentra la erosión concentrada o arroyada concentrada, la cual se forma por la cantidad de agua acumulada por la propia pendiente. Esta tiene la capacidad de labrar el suelo y formar acanaladuras superficiales, aunque en algunos casos se puede llegar a formar con más profundidad como cárcavas y regueras.

Cuando el flujo se hace turbulento, la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomosados, llamados surcos. Más profundos y anchos que los surcos son las cárcavas, por las que circula agua durante y poco después de los aguaceros (Escobar, 2002).

También, se debe explicar el concepto de ladera y el gradiente de inclinación. El primer concepto se refiere a una elevación que posee una pendiente, que puede poseer diferentes grados de inclinación y que se definirá como gradiente de pendiente (Caballero, 2011).

Teniendo en cuenta los anteriores conceptos, se establece que:

- Las precipitaciones con diferentes intensidades pueden incidir en la erosión hídrica drásticamente.
- La erosión hídrica tiene más impacto en tipos de suelo que no poseen materia que pueda ayudarles a contener, como la vegetación.
- La escorrentía difusa y la concentrada se presentan en laderas áridas, las cuales habitualmente están en lugares desérticos, en donde las precipitaciones no son habituales, pero sí esporádicas y con mucha fuerza y abundancia.
- La pendiente de una ladera puede tener incidencia en la erosión. Aunque esto está en discusión, puesto que no hay estudios completamente claros sobre si es o no un factor importante, según las fuentes bibliográficas.

Frente al hecho sobre si la pendiente de una ladera es indicadora de mayor erosión y escorrentía difusa y/o concentrada, se puede que no hay mayores investigaciones y, las que existen, comparan las gradientes de pendientes de laderas en lugares ecuatoriales con las laderas polares en simuladores de lluvia artificiales, llegando

a la conclusión de que la erosión del suelo (vulnerabilidad) de laderas ecuatoriales es mayor a la polar, pues su erosión también lo es. Asimismo, estos estudios establecen que la pendiente en sí no era un factor importante estadísticamente hablando, por lo que la diferencia recae en otros factores: la ladera y el medio.

Las características de los eventos de lluvia natural (intensidad y duración) y las condiciones de suelo precedentes a ellos, particularmente de contenido de agua del suelo, determinaron significativamente la magnitud de la erosión hídrica generada (López Rivera, 2005).

A continuación, se mencionan investigaciones similares al tema principal, con relación directa o indirecta a lo que se estableció anteriormente. Aunque no todo tiene que ver con la escorrentía difusa o concentrada, sí tienen relación con la dinámica del suelo y los diferentes procesos con la ladera, y precipitaciones.

- a) En la revista e-Gnosis se realizó una investigación, en donde hace referencia cómo los sismos y la densidad de la lluvia influyen directamente en los desplazamientos de terrenos en las montañas de Puebla, México (2006).

La lluvia afecta directamente y es uno de los principales factores principales en los deslizamientos provocados en las zonas montañosas de Puebla. En los lugares con mayor precipitación muestra más probabilidad de deslizamientos, además en la investigación hace referencia a que la erosión se produce por la precipitación y eso desencadena diferentes deslizamientos (Cuanalo et al. 2006).

Las grandes lluvias que se presentaron en las zonas montañosas también pueden llegar a desestabilizar el terreno y generar una saturación en los suelos, fenómeno que llevó a deslizamientos en las pendientes montañosas en México (Cuanalo et al., 2006).

- b) Esta es una investigación de los deslizamientos que ocurren en Colombia a partir de los años 1980 al 2001 se muestran como los deslizamientos se provocan directamente por las lluvias de la zona, tomando en cuenta la formación geológica del lugar y la inclinación de las laderas. Estas tres consideraciones son el tema principal de la investigación (precipitación, pendiente, formación superficial) (Echeverri y Valencia, 2004).
- c) La influencia antrópica es importante al momento de ver la situación, ya que la deforestación más la erosión producen lluvias intensas en algunos momentos del año y la posterior inclinación de las laderas, con un porcentaje de deslizamientos de 12% a 25% que generan un ambiente perfecto para el desastre (Echeverri y Valencia, 2004).

Y para culminar este tema, se puede establecer la relación entre precipitaciones con alto nivel fluvial y las laderas que provocan una erosión al suelo en la zona de deslizamiento. Esto radica también en otros factores como el efecto antrópico, la inclinación de las laderas y el lugar geográfico con gran incidencia en la cantidad de agua que puede recorrer en el suelo y causar erosión, como en la escorrentía difusa.

## 2. Metodología

### 2.1. Diseño del experimento

Cuando se formula una hipótesis sobre un tema, es esencial comprobarla mediante hechos tangibles, como la experimentación in situ, que permite obtener datos fidedignos para validar la hipótesis.

En el experimento realizado, se simuló a pequeña escala las condiciones mínimas de una ladera con diferentes inclinaciones ( $30^\circ$ ,  $50^\circ$  y  $70^\circ$ ), añadiendo precipitaciones en distintas intensidades. No se incluyeron otros factores, ya que se buscaba interpretar el fenómeno de la manera más clara posible, enfocándose únicamente en las variables mencionadas.

El experimento realizado, se llevó a cabo en dos fases generales que incluyeron, primero, la preparación de utensilios, y segundo, la organización de los materiales con lo que se trabajó.

- 1) Primera fase: Comprende el verificar cada elemento que se utilizará en el experimento, antes, durante y después. Además de realizar la planilla de resultados para obtener datos ordenados.

Lista de recursos y/o materiales utilizados para la investigación:

- Tres botellas, en donde cada una con pequeñas oberturas, las cuales se diferenciarán en tres formas: poca cantidad, mediana cantidad y mayor cantidad.
- Tres recipientes hondos o, en su defecto, botellas de 5 litros,

utilizados para agregar la tierra del experimento.

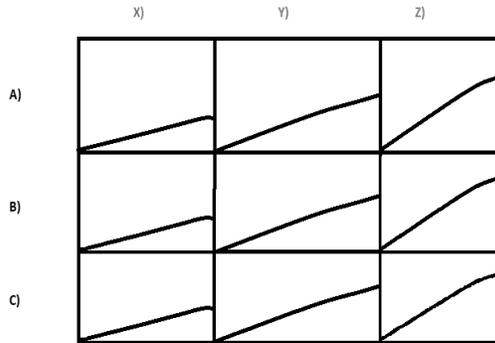
- Escuadra, para medir la pendiente de la ladera.
- 1 a 2 kilos de tierra previamente seleccionada.
- 1 litro de agua por cada repetición.
- Sierra.
- Clavos.
- Lápiz y papel para anotar las observaciones y resultados de la experimentación.

- 2) Segunda fase: Esta corresponde a la previa organización de los materiales y al propio experimento en conjunto.

- a) Se cortaron los recipientes con una sierra, para poder emplear solo la mitad.
- b) Se realizaron los orificios en las botellas para simular un efecto regadera, es decir, que pueda caer el agua como gotas de lluvia. Algunos fueron más grandes que otros a propósito, es decir, de las tres botellas, cada una tuvo una lluvia con diferente intensidad.
- c) Se prepararon tres recipientes profundos, cada uno con una simulación de pendiente a diferentes ángulos ( $30^\circ$ ,  $50^\circ$  y  $70^\circ$ ).
- d) En cada simulación de ladera con distinto gradiente de pendiente, se le incorporó 15 minutos de lluvia en diferentes intensidades.
- e) Se llevaron a cabo tres recipientes para cada combinación de pendiente e intensidad de lluvia, con el objetivo de obtener datos consistentes y representativos.

Se anotaron los resultados conforme al siguiente esquema:

Imagen 1. Esquema de inclinaciones.



Fuente: Elaboración propia.

En el experimento se utilizó las letras para denotar las variables y sus características:

- Las letras A, B y C se asignaron a las intensidades de precipitación, donde A corresponde a precipitación baja, B a moderada y C es alta.
- Las letras X, Y y Z representan el tipo de ladera, siendo X una pendiente pronunciada de aproximadamente 30°, Y una pendiente de aproximadamente 50°, y Z una pendiente de aproximadamente 70°.

Asimismo, durante el experimento, se midieron los siguientes aspectos:

- El tiempo necesario para alcanzar la escorrentía difusa o concentrada.
- Las diferencias en la concentración de agua en cada simulación de ladera bajo diversas intensidades de lluvia.

- El comportamiento del suelo frente a distintas intensidades de lluvia.

## 2.2. Validación de la metodología

Para recrear los procesos de erosión en laderas con diferentes pendientes, se aplicaron precipitaciones de menor a mayor intensidad, con el fin de evaluar la efectividad del experimento. Este método fue elegido por su simplicidad y facilidad de manejo, ya que no se trató de un trabajo de laboratorio, sino de uno realizado en un entorno natural, como un área verde.

De manera intuitiva y lógica, se asumió que al crear pequeñas laderas, inevitablemente ocurriría algún fenómeno de erosión al interactuar el suelo con las gotas de lluvia, ya que la erosión es un proceso geológico, tanto físico como químico, que se manifiesta en todas partes, a diferentes escalas.

Se probaron diferentes tipos de suelos: arenosos, arcillosos y mixtos, pero los que ofrecieron mejores resultados fueron los húmicos, conocidos como "tierra negra". Estos suelos son ricos en humus y materia orgánica en descomposición, lo que les otorga una consistencia ideal para recrear laderas. Además, su manejo es sencillo, permitiendo observar claramente los efectos de la erosión en pocos minutos, en comparación con los otros tipos de suelos.

De esta forma, se logró concluir que este método puede proporcionar las respuestas necesarias para abordar y responder a la pregunta principal de la indagación.

### 2.3. Recopilación de la información

La información recopilada fue sometida a un proceso de filtrado y análisis previo, con el objetivo de recrear las condiciones más adecuadas para simular, de la manera más fiel posible, un entorno natural. Sin embargo, es importante señalar que resulta imposible reproducir completamente una ladera, ya que su formación es un proceso que toma meses e incluso años.

Durante el diseño y la ejecución de este experimento, se pudo observar que las variables fueron respondidas de manera precisa y que las condiciones fueron favorables para un adecuado manejo técnico en la recopilación de datos. Se emplearon esquemas y tablas para organizar la información obtenida de manera clara y ordenada.

### 3. Resultados

El experimento fue realizado en un lapso de tres días consecutivos, los que comprenden 15, 16 y 17 de noviembre del año 2019; los tres entre las horas 15:00 y 19:00 aproximadamente.

Se comenzó con la preparación de cada experimento por separado, en donde cada botella contenía máximo 2 kilos de tierra húmifera y su respectiva inclinación para simular la ladera necesaria. Recordar que estas inclinaciones correspondían a 30°, 50° y 70°, respectivamente.

En cada experimento se le aplicó la variable de precipitación, esta consistió en verter una lluvia de 15 minutos de agua potable en tres diferentes

intensidades por separado; baja, media y alta.

Luego, se prosiguió a observar y anotar el comportamiento de la tierra durante ese lapso de tiempo, hasta esclarecer qué se formaba finalmente: si esta correspondía a escorrentía difusa y/o concentrada. Estas son fácilmente reconocibles, pues al entrar en contacto la tierra despojada de vegetación y el agua, las partículas de arcilla y limo se desplazan a causa de la obstrucción de los poros de la capa superficial, haciendo que la infiltración no sea adecuada y finalmente ocurra la escorrentía superficial (Paz y Vázquez, 2004).

Estas escorrentías se dividen en dos tipos, la escorrentía difusa, que es un escurrimiento de forma laminar, es decir, sólo desplaza la tierra hacia abajo arrastrando sedimentos, y la escorrentía concentrada, la cual genera destrucción parcial o profunda de la capa superficial de la tierra, causada él por exceso de agua, lo que lleva a formar tipos de cárcavas lineales que habitualmente afectan a las vaguadas (George, 2004).

Teniendo en cuenta estas condiciones, se procedió a realizar el experimento consistiendo en:

Tabla 1. Ejemplificación del experimento.

Grados de ladera	Intensidad de precipitaciones	Número de repeticiones
30°	Baja, media y alta.	Tres por precipitación
50	Baja, media y alta.	Tres por precipitación
70°	Baja, media y alta.	Tres por precipitación

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se obtuvieron fácilmente entre los 5 y 10 minutos posteriores al inicio de las precipitaciones, en todas las variables de grados de pendiente y tipos de precipitación. Cada repetición registró entre 0 y 10 cm de escorrentía concentrada y entre 2 y 7 cm de escorrentía difusa.

Con estos datos, se realizaron análisis que demostraron tendencias evidentes con las observadas en el experimento principal. La Imagen 2 ofrece una visión general del experimento, mientras que en la Imagen 3 ilustra la formación evidente de escorrentías tras 15 minutos de lluvia.

Imagen 2. Visión general del experimento.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 3. Ejemplos claros de escorrentías.



Fuente: Elaboración propia.

No obstante, solo en una ocasión no se pudo observar escorrentía concentrada, correspondiendo a la primera repetición de 30° de inclinación en precipitación baja. Esto sucede debido a que solo se logró una mayor cantidad de cm en escorrentía difusa de forma evidente.

Además, es importante destacar que no fue posible mantener la pendiente constante, ya que el agua generaba movimiento en el suelo, provocando variaciones en los ángulos conforme avanzaba el experimento.

Posteriormente, con los datos recopilados de las observaciones, se midió en centímetros cada escorrentía y se calculó un promedio utilizando la media aritmética, lo que permitió formular conjeturas sobre el comportamiento.

Tabla 2. Datos generales 30°.

<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	30°
Tipo precipitación	Baja
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	0,6 cm
Difusa	2,0 cm
<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	30°
Tipo precipitación	Media
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	5,0 cm
Difusa	3,3 cm
<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	30°
Tipo precipitación	Alta
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	5,6 cm
Difusa	3,6 cm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Datos generales 50°.

<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	50°
Tipo precipitación	Baja
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	3,3 cm
Difusa	5,0 cm
<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	50°
Tipo precipitación	Media
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	5,6 cm
Difusa	5,6 cm
<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	50°
Tipo precipitación	Alta
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	7,6 cm
Difusa	5,6 cm

Fuente: Elaboración propia.

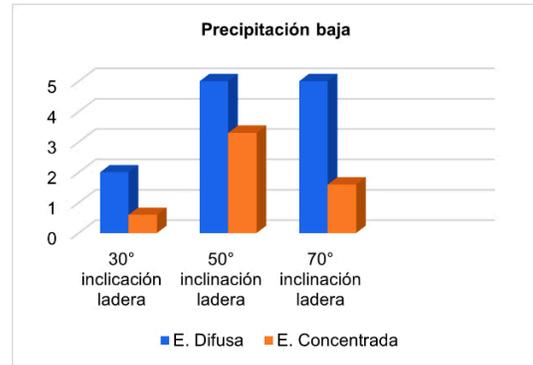
Tabla 4. Datos generales 70°.

<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	70°
Tipo precipitación	Baja
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	1,6 cm
Difusa	5,0 cm
<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	70°
Tipo precipitación	Media
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	4,0 cm
Difusa	5,3 cm
<b>Datos</b>	
Inclinación ladera	70°
Tipo precipitación	Alta
Tipo escorrentía	Promedio de cm
Concentrada	6,67 cm
Difusa	4,67 cm

Fuente: Elaboración propia.

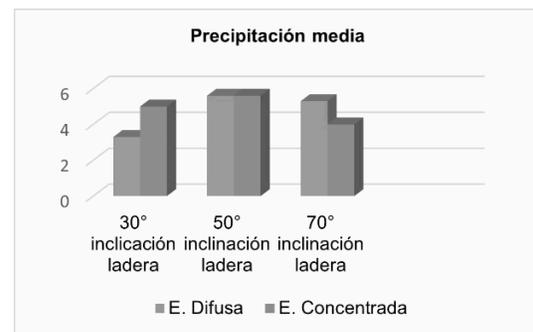
Se agruparon los datos numéricos y observaciones in situ para lograr dilucidar efectivamente las hipótesis que se tenían a priori del experimento. Y Se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfico 1. Precipitación baja general.



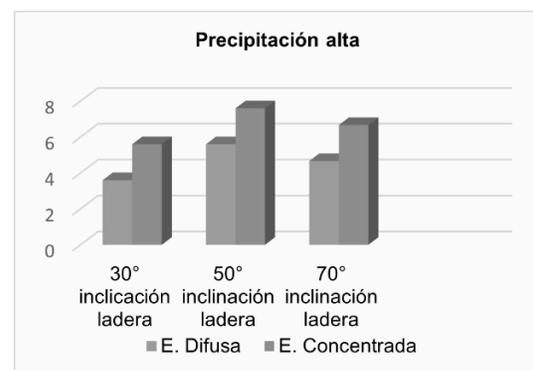
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Precipitación media general.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Precipitación alta general.



Fuente: Elaboración propia.

En los gráficos anteriores se aprecia de forma explícita el comportamiento de la tierra en sus distintas variables y en los tres grupos generales hay una tendencia

en la presencia de los dos tipos de escorrentías, mostrándose de manera casi equitativa en los resultados finales.

#### 4. Discusión

##### 4.1. Explicación de resultados

A partir de los resultados obtenidos, es necesario fundamentar por qué se considera que se cumplieron todas las variables planteadas en la investigación.

La incógnita “x” se formuló para explotar la influencia de las precipitaciones (diferentes niveles) y la inclinación de las laderas (diversos ángulos) sobre la formación de escorrentías, tanto difusas como concentradas. Inicialmente, no se sabía hasta qué punto estos factores afectarían el escurrimiento o, en el peor de los casos, si no tendrían efecto alguno.

Los datos recopilados del experimento indican lo siguiente:

En todos los experimentos y sus repeticiones (27 en total), se observó alguna forma de escorrentía, lo que ya sugiere que la lluvia tiene una influencia significativa en la erosión hídrica. Además, se observó que en laderas con una inclinación de 30°, la formación de escorrentías fue más lenta; por ejemplo, en condiciones de precipitación baja, el escurrimiento máximo fue 4 cm, mientras que en algunos casos no se registró escorrentía concentrada.

Tomando el ejemplo anterior, cuando la precipitación fue alta, la escorrentía concentrada se obtuvo con 7 cm en su mejor repetición. Esto indica que

definitivamente la misma inclinación, pero con diferente intensidad de precipitación logra un comportamiento del suelo distinto, siendo este perjudicado por la mayor fuerza de arrastre del agua.

Se evidenció una notable diferencia en las escorrentías según la inclinación de las laderas: en pendientes de 50° Y 70°, se observaron frecuentes desprendimientos de tierra causados por las precipitaciones. La inclinación dificultaba el flujo del agua sin provocar arrastre del suelo.

En resumen, se concluyó que:

- A mayor inclinación, se produce mayor arrastre de la capa superficial de tierra.
- Los desprendimientos son más evidentes con mayores niveles de precipitación e inclinación.

En inclinaciones menores (véase < 30°) no se puede establecer completamente una conexión entre la inclinación y la escorrentía, pues solo se ve escorrentía difusa en un principio, algo que se considera normal en el proceso.

Se evidencia en el experimento de precipitación alta, una tendencia a que la escorrentía concentrada sea mayor en cm, por lo que se concluye efectivamente la incidencia de la pendiente.

Este fenómeno natural impide que el agua al caer no pueda ser infiltrada por la tierra, abriendo paso una capa superficial mediante la fuerza de gravedad. Es por esto que se pensó en un principio que fuera posible ver este fenómeno.

Por último, se establece que efectivamente las precipitaciones de diferente intensidad influyen en la escorrentía difusa y/o concentrada en una ladera con distintas pendientes, sin embargo, existen variables que definen cómo se moldeará el suelo.

#### 4.2. Discusión de resultados

El campo de estudio se centra en el ciclo del agua y en cómo fenómenos como la escorrentía superficial y fluvial influyen en la formación del relieve y en la creación de fuentes de agua. La ciencia que estudia estos procesos es la Hidrología, cuyo objetivo es adquirir conocimientos sobre los fenómenos hidrológicos y resolver las problemáticas asociadas a ellos (George, 2004).

Una de las aristas más importantes es el subsistema de agua superficial, que establece que las precipitaciones son marcadas como la entrada del agua hacia los procesos de infiltración. En este caso, corresponde a un fenómeno geomorfológico, pues lo investigado es el impacto que tienen las precipitaciones en una ladera dependiendo de ciertas variables.

Esta indagación científica facilitó el entendimiento de este proceso de gran escala en un experimento definitivamente fácil de realizar en la comodidad de cualquier lugar que posea algún tipo de tierra suficiente para trabajar. El método empleado no implicó mayor esfuerzo, puesto que se basó en la observación para obtener datos empíricos y sustanciales.

Fue efectivo para dilucidar todas las dudas que se tenían y realizar conclusiones definitivas dentro de lo teórico, aun así, se debe ser lo más crítico posible en torno a si realmente estos resultados podrían ser definitivos y parecerse a los de gran escala. Es por esto que se toman estos resultados sólo como una posibilidad factible dentro de los estudios.

La posibilidad de poder realizar este experimento hacia otros campos transversales de la propia ciencia debe ser potenciado. Véase la didáctica de la especialidad de Historia y Geografía, pues estos experimentos en general son fáciles de implementar y consideran cierto rango de creatividad e interés en las personas.

Finalmente, se puede intervenir en la enseñanza de una especialidad experimentando sencillamente para entender procesos complejos.

#### 4.3. Discusión metodológica

En cuestión a las falencias metodológicas y posibles mejoras, se sugieren las siguientes consideraciones:

- Utilización de instrumentos de medición más profesionales, ya que el experimento no se realizó con el rigor propio de un laboratorio.
- Incremento en el número de repeticiones, dado que contar con más datos permite obtener resultados más claros y precisos.
- Empleo de materiales de trabajo más adecuados, como recipientes específicos en lugar de botellas.

Una parte fundamental de la investigación científica, con base teórica, es asegurar que los aspectos técnicos estén bien trabajados para garantizar la fiabilidad de las conclusiones. En este sentido, sería útil llevar a cabo esta indagación utilizando otros tipos de experimentos para verificar si los datos obtenidos afectan o no el resultado final del proyecto.

En cuanto a las dificultades, se pueden mencionar las siguientes:

- La realización de una indagación científica no es un trabajo fácil, al contrario, es riguroso y específico, es necesario informarse lo más prudentemente antes de comenzar.
- Fijar un intervalo de tiempo eficiente para la realización del experimento.
- Inferir conclusiones más robustas a partir de los datos, ampliando las variables consideradas y los factores analizados.
- Realizar el experimento con más tipos de tierra, para hacer un estudio más profundo respecto a la infiltración de la tierra.
- La escasez de trabajos similares con conceptos o ideas comparables dificultó la búsqueda de directrices teóricas para organizar el proyecto. Hubiera sido beneficioso contar con material más accesible y menos técnico.

En síntesis, las mejoras técnicas de esta indagación científica son las más necesarias al momento de validar hipótesis y poder realizar un trabajo más prolijo y riguroso en el ámbito científico.

## 5. Conclusiones

### 5.1. Aprendizajes obtenidos de la indagación

Esta indagación científica tuvo bastantes puntos críticos que fueron auxiliares para entender el proceso completo.

Las áreas críticas fueron el control de los minutos exactos en donde el litro de agua debía caer, el control de las intensidades de precipitación, el estudio previo sobre cómo identificar las escorrentías y las mediciones. Lo anterior, supone un aprendizaje en la propia marcha, pues sin esta creación de conocimiento jamás se hubiese podido dilucidar la incógnita, ya que el tema planteado contenía mucha terminología técnica sobre la disciplina que estudia estos fenómenos (Hidrología y Geomorfología).

Los conceptos técnicos son esenciales para entender que la escorrentía es un fenómeno que ha coexistido con el ser humano desde sus inicios en la Tierra. Tal como se mencionó al inicio de esta indagación, la escorrentía puede ser tanto un fenómeno natural como artificial, influenciado por la acción humana.

Es relevante incluir este aspecto en el aprendizaje, porque aunque la investigación se centra en la técnica para comprender el proceso, es fundamental reconocer que la escorrentía no ocurre únicamente por la acción de la naturaleza. La intervención humana ha tenido un impacto significativo en estos procesos, dejando una huella innegable en el estado actual de la Tierra.

Entonces, luego de considerar absolutamente todos los datos que se obtuvieron durante el experimento, se puede concluir que conceptualmente la fundamentación teórica explica los fenómenos de la materia más básica; esta es la teoría de la gravedad de Isaac Newton, que respondió y respaldó totalmente el comportamiento de la tierra en el experimento.

También, el proceso de trabajo fue cuidadoso, pues se contempló la obligatoriedad de poseer esquemas minuciosos para controlar las condiciones propicias y así conseguir resultados bajo una misma línea. Esto fue gracias a cronómetros y pesas que permitió tener el control sobre el trabajo. Asimismo, la realización de tablas para enumerar los datos fue de gran ayuda en el procedimiento, siendo este crucial para agrupar luego los antecedentes.

Y finalmente la valoración dentro del marco actitudinal conduce a apreciar un tema con fundamentos transversales a la teoría, pues la escorrentía y la degradación el suelo son temas para tener en cuenta, pensar en el impacto que posee en la actualidad y en un futuro donde las cosas no estarán bien si no se hace algo para que el uso del suelo sea sustentable.

## **5.2. Interpretación de fenómenos geográficos de escala global**

Al comprender el funcionamiento de la Tierra y sus diversos sistemas interconectados, se realizan presunciones que implican diversos factores para llegar a una determinada conclusión teórica. En este caso, se habla sobre el comportamiento del suelo

en determinadas condiciones, las cuales hacían dudar si en realidad los fenómenos como el desprendimiento de tierra, la formación de relieve como cárcavas y el arrastre sedimentario de las montañas, poseían ciertos factores en común.

Por ende, se estima que esta dinámica natural como parte del propio ciclo del agua, da cuenta de la importancia de las características del suelo y cómo a través de variables comunes, se puede cambiar totalmente el curso de un paisaje en determinado tiempo. Por eso, el relieve del planeta ha estado en constante cambio, y se espera que lo visto en la actualidad sea diferente a lo que depara el futuro.

Por otra parte, ¿Es ese futuro incierto, o se tiene conocimiento previo a lo que se espera?. Es de gran difusión que el cambio climático trae consigo cambios en el comportamiento climatológico de la atmósfera, por lo que la humanidad se enfrenta a grandes sequías e inundaciones que superarán todos los récords antes vistos.

Si la población sigue creciendo, se harán necesarias muchas áreas de cultivo. El cambio climático y la mala utilización del suelo, por obiedad causará un déficit en la agricultura de los países en donde estos cambios sean más evidentes.

Dicho esto, ¿Se puede hacer algo al respecto?. Sí, pues el cambio climático junto con los problemas de suelo son un tema mundial, y una forma de solucionarlo es que los países y las personas que controlan el mercado agrícola-ganadero puedan generar ideas sustanciales que cambien el suelo del suelo, haciéndolo sustentable a medida

que se vaya utilizando. Es por esto que se debe evitar normalizar conductas dañinas en la industria agrícola, como por ejemplo la introducción de vegetales que no sean de la zona, puesto que luego cambian el suelo por completo, afectando paisajes completos.

Es necesario que los Estados tomen conciencia de la necesidad de leyes y políticas públicas para limitar a las grandes empresas agrícolas. El cuidado del planeta depende de la humanidad y es importante enseñar sobre las problemáticas actuales y la responsabilidad sobre estos.

## 6. Bibliografía

- Andrades, M., y Múñez, C. (2012). *Fundamentos de la climatología*.
- Caballero, E. (2011). "El Concepto de Ladera Urbana". *Revista ciencias espaciales.*, 43.
- Cuanalo et al. (2006). "Sismos y lluvias, factores detonantes de deslizamientos en las regiones montañosas de Puebla, México". *e-Gnosis*. <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000413.pdf>
- Echeverri, O., y Valencia, Y. (2004). "Análisis de los deslizamientos en la cuenca de la quebrada de La Iguañá de la ciudad de Medellín a partir de la interacción lluvia-pendiente-formación geológica". *DYNA.*, 14. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49614204.pdf>
- Escobar, G. (2002). "La erosión del suelo y su relación con el agua". <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020277/Mecanicadelossuelos/cap8.pdf>
- George, P. (2004). "Diccionario de Geografía (Ed. económica)". Ediciones AKAL.
- Institut d'Estudis Catalans. (s. f.). Procesos de degradación y control. Institut D'Estudis Catalans. <https://n9.cl/xfw2i>
- López Rivera, A. (2005). "Efecto del Gradiente y el aspecto de la Pendiente en la Erosión Hídrica de un suelo del Secano interior de la Zona Central del Chile" <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/22>

50/101806/lopez\_af.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Paz, E., y Vázquez, E. (2004). *Erosión y escorrentía. La Coruña*. [https://www.researchgate.net/publication/312371422\\_EROSION\\_Y\\_ESCORRENTIA](https://www.researchgate.net/publication/312371422_EROSION_Y_ESCORRENTIA)