

GRADO DE INTENSIDAD DE UNA PRECIPITACIÓN INFLUYE SOBRE LA ESCORRENTÍA DIFUSA Y/O CONCENTRADA EN UNA LADERA CON DIFERENTES PENDIENTES

CRISTOBAL MATAMALA

ESTEBAN CALFULLANCA

Resumen

El agua es esencial para la humanidad y se encuentra en la Tierra en tres estados: líquido, sólido y gaseoso. Estos estados varían según un proceso bioquímico conocido como el ciclo del agua, en el cual el agua de la superficie se evapora, se condensa en las nubes y, finalmente, se precipita. Esta investigación científica se enfoca en la precipitación y su influencia en la formación de escorrentía. A lo largo del estudio, se definirán los conceptos clave necesarios para entender este fenómeno y facilitar una mejor comprensión.

Se explicará el experimento realizado con el propósito de responder a la pregunta principal y se abordarán las dificultades encontradas, así como algunas nuevas interrogantes surgidas. Finalmente, se intentará responder a la pregunta desde una perspectiva empírica, comparando los resultados de la investigación con fenómenos a nivel macro.

Palabras clave: Precipitación, Escorrentía, Escorrentía difusa, Escorrentía concentrada, Ciclo hidrológico.

1. Introducción

1.1. Presentación del problema

La pregunta base es la siguiente: ¿De qué manera el grado de intensidad de una precipitación influye sobre la escorrentía difusa y/o concentrada en una ladera con diferentes pendientes?

Con la intención de entender el problema y dar una respuesta, se trató de imaginar de qué manera este fenómeno se manifiesta en la vida diaria.

Se deben considerar dos factores: las precipitaciones (cantidad de agua e intensidad) y la inclinación de la pendiente (en este caso, de una ladera).

Para abordar este tema, es fundamental situarlo dentro del contexto del ciclo hidrológico, que abarca un proceso mucho más amplio. El ciclo hidrológico describe el conjunto de transferencias de agua entre la atmósfera, la tierra y los océanos, en sus tres estados: sólido,

líquido y gaseoso. El principal motor de este movimiento es el sol, que impulsa la evaporación del agua desde la superficie terrestre y marina, así como la formación de nubes y la posterior precipitación.

El ciclo comienza con la evaporación del agua desde la superficie del océano u otros cuerpos de agua superficiales, como lagos y ríos. A medida que se eleva, el vapor se enfría y se transforma en agua líquida, (en este proceso, puede haber recorrido distancias que alcanzan los 1000 km). A este fenómeno se le llama condensación. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes.

Cuando las gotas de agua caen por su propio peso se presenta el fenómeno denominado precipitación. Si en la atmósfera hace mucho frío, el agua precipita en estado sólido, es decir, como nieve o granizo (con estructura cristalina en el caso de la nieve y granular en el caso del granizo). En cambio, cuando la temperatura de la atmósfera es más bien cálida, el agua precipita en su estado líquido, o sea, en forma de lluvia.

El agua precipitada tiene varios destinos. Una parte es aprovechada por los seres vivos, otra vuelve directamente a la atmósfera por evaporación. Parte de ella se escurre por la superficie del terreno (lo que se conoce como escorrentía superficial) y se concentra en surcos, originando así las líneas de agua por donde fluirá hasta llegar a un río, un lago o el océano. Parte del agua se filtra por el suelo y a partir de ahí puede volver a la atmósfera por un fenómeno llamado evapotranspiración o bien alcanzar las capas freáticas y formar parte de un almacén de agua subterránea. Tanto la

escorrentía superficial como la subterránea van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lagos y océanos.

En diferentes momentos, toda esta agua vuelve de nuevo a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación. Por eso se dice que la cantidad total de agua que existe en la Tierra se ha mantenido constante, considerando al agua un recurso renovable.

La escorrentía es un concepto clave en esta investigación. Se define como el agua que circula por la superficie terrestre tras la precipitación o fusión de nieve, antes de infiltrarse en el subsuelo o de unirse a cuerpos de agua mayores. Esta agua se desplaza por la superficie del terreno debido a la acción de la gravedad y alcanza la red de drenaje. Existen dos tipos principales de escorrentía:

1. Escorrentía Concentrada: Esta forma de escorrentía se canaliza por zonas deprimidas en relación con la pendiente general del terreno. Recoge agua de la escorrentía difusa y del agua subterránea, formando corrientes de agua más o menos estables, que se denominan arroyos o ríos.
2. Escorrentía Difusa: Se mueve sin una canalización definida, en forma de una delgada película de agua de pocos milímetros de espesor. Dependiendo de la cantidad de agua que circula, puede dar lugar a pequeñas corrientes o a una lámina extensa de agua en la superficie.

Es principalmente en el suelo donde se puede observar con mayor claridad

cómo diversos factores influyen en el escurrimiento; sin embargo, no se debe olvidar la intensidad de la lluvia. Por ejemplo, en fenómenos en los que llueve mucho en un corto período de tiempo, el escurrimiento suele ser más pronunciado, esto contrasta con décadas pasadas, cuando, aunque la intensidad de la lluvia podría haber sido similar, la precipitación se distribuía a lo largo de un periodo de tiempo más extenso.

Este trabajo se enfocará en cómo la intensidad de la lluvia influye en la escorrentía difusa y concentrada en una ladera, entendida como el declive de una montaña, monte o cualquier altura general. En este contexto, la ladera puede considerarse uno de los lados de la montaña. Por ejemplo, se podría decir: "Los montañistas decidieron escalar la ladera oeste, ya que el ascenso por ese lado es más sencillo"; "Una avalancha en la ladera norte sepultó a catorce personas"; "Se dice que la vista más bonita se obtiene al escalar la ladera sur".

1.2. Estudios similares y desarrollo de conceptos claves

Para que la muestra del resultado del experimento científico sea clara como también la comprensión de los lectores, se presentarán de manera resumida algunos proyectos de investigación científica que abarcan el mismo fenómeno desde distintas formas y objetivos, con la intención de presentar el estado de avance científico que existe sobre el tema además de ir entrelazado con conceptos pertinentes a la investigación.

La erosión consiste en una pérdida gradual de los materiales que constituyen el suelo, al ser arrastradas las partículas tras ser disgregadas y arrancadas de los agregados y terrones, a medida que van quedando en la superficie. La erosión del suelo es un fenómeno natural y todos los paisajes naturales están sujetos en mayor o menor medida a procesos erosivos.

Estos procesos se caracterizan por ser relativamente lentos e intermitentes, aunque recurrentes a lo largo de los años. Por el contrario, como consecuencia de un manejo del suelo inadecuado, la erosión a partir de terrenos agrícolas puede ser muy intensa. En estas condiciones, como resultado de los procesos erosivos, puede ocurrir una degradación progresiva del recurso suelo.

"(...) la degradación del suelo por los agentes erosivos (agua y aire) se considera como progresiva e irreversible ya que, por una parte, la masa de suelo pérdida suele ser irrecuperable y, por otra, el tiempo requerido para que se forme de nuevo el suelo es extremadamente largo" (Morgan, 1997, como se citó en Paz y Vidal 2019).

"Cuando el agente erosivo que origina el desprendimiento y desplazamiento de los materiales del suelo es el agua se habla de erosión hídrica. La erosión hídrica, causada por la energía cinética de la precipitación, es un problema frecuente en los suelos de cultivo, que puede afectar en mayor o menor medida a la sostenibilidad de los agroecosistemas, y que con frecuencia puede originar problemas medioambientales en los sistemas acuáticos, dependiendo de las regiones climáticas, y, dentro de estas, del uso y manejo del suelo" (Le Bissonais y Gascuel-Odoux, 1998, como se citó en Paz y Vidal 2019).

“La erosión acelerada o inducida por factores antropogénicos es el proceso de degradación del suelo más importante a escala mundial. Se trata de un proceso físico del que resulta una disminución de la capacidad de enraizamiento efectivo que con frecuencia lleva emparejada la leptosolización del suelo, la eutrofización del agua y la emisión de gases de efecto invernadero. Mientras que la erosión de los paisajes naturales es un fenómeno constructivo, por cuanto origina la formación de suelos fértiles tras la sedimentación (por ejemplo, en las zonas deltaicas) y proporciona nutrientes a los seres vivos acuáticos, la erosión acelerada es un proceso de degradación severo con impactos adversos en la productividad y el medio ambiente. La superficie afectada por la erosión, así como la intensidad total y la magnitud de la misma pueden verse incrementada por la deforestación, los incendios forestales, los sistemas de laboreo tradicionales y las rotaciones con una cobertura escasa del suelo a lo largo de periodos importantes. En ausencia de cubierta vegetal, el impacto de la gota de lluvia no sólo provoca la desagregación, sino que habitualmente da lugar a la formación de una costra superficial que afecta a los primeros milímetros o centímetros del horizonte de laboreo. Este fenómeno es consecuencia del desplazamiento de las partículas de arcilla y limo que pasan a ocupar los poros del suelo provocando su oclusión. Con ello, disminuye la intensidad de infiltración, lo que favorece que se inicie la escorrentía superficial” (Paz y Vidal, 2019).

Los bosques cumplen un rol fundamental en la protección de los recursos agua y suelo, mediante la regulación del flujo de agua y de la reducción de su potencial erosivo. Esta función puede ser modificada como consecuencia de los cambios que experimenta la cobertura, por la pérdida estacional del follaje, el manejo forestal y la degradación.

Las especies caducifolias del género *Nothofagus* poseen la particularidad de perder el follaje en invierno, pudiendo

constituir una fuente de alteración en la capacidad protectora del bosque a los recursos agua y suelo.

Para conocer las implicancias de este cambio se revisó el trabajo realizado en una microcuenca en el predio Pumillahue, Máfil, propiedad de Forestal Tornagaleones S.A. (Espinoza, 2011), considerando los procesos de redistribución de las precipitaciones, escorrentía y producción de sedimentos. La cuenca se encuentra principalmente conformada por *Nothofagus obliqua* con un 78% de participación total. El suelo, originario de cenizas volcánicas, es profundo, poroso y no presenta problemas de drenaje.

Las instalaciones comprendieron una parcela experimental de redistribución de las precipitaciones conformada por una canaleta metálica y collarines plásticos ajustados a los fustes de los principales árboles, que permitió la determinación de la precipitación directa y el escurrimiento fustal respectivamente; asimismo, un pluviógrafo ubicado en condiciones de pradera para determinar los aportes de precipitación incidente; y por último, un vertedero triangular de madera para determinar la escorrentía resultante de la microcuenca y una bomba de extracción de agua para la obtención de la carga de sedimentos en suspensión.

Los resultados obtenidos indican que el renoval reduce la capacidad de interceptar agua en el período invernal (mayo-septiembre), con un valor medio de 23,7% en comparación con el período primaveral (octubre-noviembre) con un valor cercano al 50%. Esta situación se debe tanto a la pérdida de

follaje de *Nothofagus obliqua*, como al cambio en las condiciones climáticas.

La pérdida de suelo de 91,3 kg/ha en el período invernal es extremadamente baja considerando la tasa de pérdidas tolerable de suelo (5-10 ton/ha/año) y en comparación con otros estudios en la materia. En este sentido, la alta capacidad de retención de agua del suelo y la densidad del sotobosque representado principalmente por *Chusquea quila* (31%) se encontraban cumpliendo una importante función protectora del suelo (Vargas, 2007).

La escorrentía como proceso o denominado también como ciclo consta de 4 fases que están asociadas al nivel de precipitaciones. En una investigación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de La Coruña, España (Bravo, 2017), se nombran y definen estas fases de la siguiente manera:

1. Primera fase: Período sin precipitaciones que se caracteriza por agotar la humedad existente en las capas superficiales y extraer agua subterránea. Las aguas subterráneas alimentan a las corrientes superficiales.
2. Segunda fase: Iniciación de la precipitación caracterizada por la infiltración de una cantidad importante de agua que abastece su capacidad de almacenamiento; el excedente se mueve superficialmente en forma de escorrentía directa que alimenta a los cursos de agua.
3. Tercera fase: La precipitación máxima. tiene parte exactamente

después de una cierta duración de la precipitación. Las capas superficiales del suelo están saturadas y una parte de las precipitaciones se infiltran, alimentando a la escorrentía hipodérmica. La precipitación que no se infiltra origina escorrentía superficial que en esta fase alcanza su valor máximo, la escorrentía subterránea aumenta ligeramente, la escorrentía total alcanza igualmente su máximo valor, apareciendo las crecidas.

4. Cuarta fase: Posterior a la precipitación. El cese de la lluvia produce la escorrentía superficial que desaparece rápidamente. El suelo y subsuelo se saturan y comienza el proceso de evapotranspiración y los cursos de agua, alimentados únicamente por las escorrentías hipodérmica y subterránea que entran en régimen de decrecimiento.

2. Metodología

2.1. Diseño del experimento

La labor de esta investigación incluye la realización de un experimento científico utilizando instrumentación casera. Se optará por materiales sencillos de conseguir, con el fin de reflejar de manera palpable una realidad observable en la tierra mediante un experimento sencillo. Además, este experimento tiene como objetivo ser práctico y fácil de realizar, permitiendo su replicación en futuras actividades docentes.

El experimento fue diseñado para poder apreciar la caída de agua sobre un trozo

de tierra que representaba una ladera inclinada, y poder observar y sacar 2 conclusiones objetivas: primero, observar en cuanto tiempo una escorrentía difusa se transforma en escorrentía concentrada y, en segundo lugar, apreciar cuánta distancia recorre la escorrentía antes mencionada.

Los elementos requeridos para este experimento fueron pensados para una sencilla reproducción a futuro para cualquier persona que quiera o esté dispuesto a repetirlo.

Los principales resultados esperados son los siguientes:

1. Se espera ver que mientras a mayor altitud de la pendiente y a mayor intensidad de la precipitación caída, más tiempo y distancia permanecerá la escorrentía concentrada como también la escorrentía difusa.
2. También se pretende comprobar si a menor altitud de la pendiente y menor intensidad de agua caída, ocurre el efecto contrario al punto mencionado con anterioridad, a menos distancia y tiempo permanecerá la escorrentía concentrada y difusa.
3. Se medirá cuánta distancia (cm) cubre la escorrentía difusa como la escorrentía concentrada (se medirán de maneras separadas), como también, cuánta distancia tiene la escorrentía completa desde que el agua cae al punto más alto de la pendiente hasta que termina en la maqueta y cuanto de ancho abarca en el terreno ambas escorrentías.
4. Se añadirá, con posterioridad, pequeños objetos (piedras,

pequeñas ramas, hojas, trocitos de madera) y se verá si esto afecta el cauce normal de la escorrentía, como también, si suceden variaciones en las mediciones.

Los elementos utilizados para la realización del experimento fueron:

- 1 caja mediana.
- Un tarro vacío de 700 gramos aproximadamente.
- Un balde pequeño.
- Tierra
- Regla
- Agua
- Celular (cronómetro)
- Hervidor eléctrico.

El experimento constó de un total de 9 intentos, distribuidos en 3 intentos principales, cada uno con 3 intentos adicionales, para asegurar la validez y credibilidad de los datos obtenidos.

2.2. Validación de la metodología

La Hidrología indica que la lluvia caída es la entrada o comienzo de este subsistema. Los autores Breña y Jacobo, en su libro Principios y fundamentos de la hidrología superficial (2006) exponen lo siguiente:

Para este subsistema la precipitación se considera como una entrada. Una vez eliminada el agua interceptada, el volumen restante se transformará en escurrimiento sobre la superficie del terreno, el cual a su vez llegará al sistema de drenaje del área de captación para formar el escurrimiento superficial (...).

Se intentó crear una recreación artesanal de una caída de agua para representar el

inicio de este ciclo. Posteriormente, se recreó el suelo, y la combinación de estos elementos permitió demostrar un fenómeno posiblemente pequeño, pero fundamental para validar el experimento.

2.3. Recopilación de información

El experimento es un reflejo a menor escala de lo que sucede en el proceso de escorrentía, determinando que la intensidad de lluvia caída influye en la pendiente de la ladera.

De esta manera, se considera que el intento N°2 fue el que arrojó los mejores resultados, reflejando lo que ocurre en la mayoría de los casos cotidianos. El análisis sugiere que, a medida que aumenta el ángulo, se produce una saturación de agua tanto a nivel subterráneo como superficial en la escorrentía.

En la recopilación de información, se ha logrado una comprensión empírica del proceso de escorrentía. No obstante, la falta de datos en los intentos 1 y 3 se debe a que no se anticipó que ambos casos arrojarían resultados similares. Aunque se planteó al inicio de la investigación la posibilidad de no obtener resultados positivos o datos concretos, el intento N°3 sorprendió al mostrar una magnitud de escorrentía menor a la esperada, a pesar de que se anticipaba cierto margen de escorrentía.

3. Resultados

Primero se procedió a colocar la tierra recolectada en un balde pequeño que originalmente contenía 6 kg de cemento para cerámicas. Esta tierra fue luego

depositada en una caja de tamaño mediano a nivel del piso. Para mejorar los resultados, se manipuló la tierra manualmente, levantándola aproximadamente 10 cm en el área donde iba a caer el agua. Esto se hizo con el objetivo de evitar la formación de un charco de agua al mantener toda la tierra a la misma altura.

A pesar de estos ajustes, los 3 primeros intentos, realizados a nivel del piso, resultaron en fallos. No se logró generar escorrentía difusa ni concentrada, incluso al aplicar agua suavemente con el tarro.

En la segunda parte del experimento, se inclinó la caja con tierra con ayuda de un palo, logrando un ángulo de inclinación de aproximadamente 40° a 45° (este cálculo fue realizado de manera artesanal, dado que no se contaba con instrumentos para medir ángulos). A partir de este ajuste, el experimento mostró mejores resultados, ya que se observó la formación de escorrentía difusa y escorrentía concentrada.

1. Primer intento: La escorrentía se concentró en 2 segundos con 49 centésimas y tuvo un largo de 12 cm, mientras que el total del largo de agua fue de 17 cm.
2. Segundo intento: La escorrentía se concentró a los 2 segundos con 17 centésimas y tuvo un largo de 15 cm, siendo el total del largo del agua de 21 cm.
3. Tercer intento: La escorrentía se concentró en 1 segundo con 45 centésimas y tuvo un largo de 18 cm, con un total del largo de agua de 23 cm.

En la tercera parte del experimento, se incrementó la inclinación de 70° a 75° de ángulo de inclinación (calculado de forma artesanal). Sin embargo, en los 3 intentos, el agua caía e inmediatamente se formaban distintos brazos que no se juntaban ni separaban de manera identificable.

Finalizado cada parte del experimento, era necesario mover toda la tierra, ya que esta quedaba marcada por el agua que la recorría.

En las partes 1 y 3 del experimento se cree que no se lograron resultados identificables, como en la segunda parte, debido a los ángulos utilizados. A medida que el ángulo aumentaba, también lo hacía la influencia de la gravedad, lo que provocaba que el agua se desplazara a través de la tierra de forma más rápida e intensa.

Con esto, finalmente no se puede afirmar que se hayan logrado los resultados esperados, ya que la diferencia de tiempo fue mínima. Sin embargo, se observó que durante los intentos, la escorrentía dejaba un leve cauce en la tierra, permitiendo que el agua fluyera más rápidamente.

4. Discusión

4.1. Explicación de los resultados

Ahora toca responder la pregunta base, ¿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 puede responder de manera rápida y a grandes rasgos de que sí influye notoriamente la intensidad de agua caída sobre una zona en particular, pero se observó que, principalmente, lo que influye en las escorrentías es la pendiente de la ladera.

Si la pendiente no está muy inclinada, se tendía a hacer un charco de agua sin ninguna forma, sin permitir una correcta o forma ideal de escorrentía pensada antes de la realización del experimento.

En la realización de la segunda parte del experimento (teniendo la caja con tierra a un ángulo de 40° a 45° aprox.), se observó una muestra clara de escorrentía superficial o llamada también directa. Según un estudio realizado por Bravo (2017) se define a esta escorrentía superficial o directa como:

La precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. Corresponde a la precipitación que no queda tampoco detenida en las depresiones del suelo (...).

Uno de los hallazgos notables fue que, a medida que aumentaba la inclinación de la ladera, la fuerza con la que el agua caía también incrementaba. Esto sugiere una conexión con los fenómenos de aludes que se han registrado en Chile. No obstante, esta observación no se profundizó en el presente experimento, ya que no se había contemplado inicialmente y habría implicado agregar más variables al estudio; por lo tanto, se deja esta tesis como base para una futura investigación.

Otro aspecto destacable es que, mientras se repetían los intentos, el agua dejaba marcada en la tierra su forma que seguía, esto marcaba el camino a las

siguientes escorrentías que se formaban, por lo cual en diversos momentos se movió la tierra para que quede en su forma original.

4.2. Discusión de los resultados

El estudio de la escorrentía ya sea superficial como subterránea corresponde una ciencia que todavía están en “vías de desarrollo”, como lo es la Hidrología, que básicamente es una ciencia nueva, debido a que su concepción data del siglo XIX y todavía tienes varios aspectos a los que no se les presta atención. La Hidrología, según Dingman (1994), es

“La ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo”.

A pesar de que el experimento pueda ser bastante sencillo, humilde o rústico, se cree que da una pequeña idea de lo que sucede a nivel macro en la tierra, por tanto, cumple con el objetivo de aprender, y el de poder realizarlo a futuro, como también el de sacar otras conclusiones para posteriores investigaciones.

Se destaca el acercamiento empírico hacia una observación del proceso de escorrentía difusa como concentrada, el cual se podría realizar a futuro en algún colegio teniendo o no la instrumentación necesaria, ya que se demostró que para entender el proceso de forma más “didáctica” no se requieren instrumentos sofisticados que podrían resultar con algún coste económico. Aún más, lo fundamental es poder entender y tener claro el proceso en su forma más completa.

Los pensamientos o ideas previas a la realización del experimento se centraron en los factores a considerar para tener variables suficientes. Sin embargo, sería interesante agregar muchas más variables al experimento, como la intensidad del agua caída, la escorrentía subterránea, el tipo de suelo, etc.

El Servicio Nacional de Geología y Minería o SERNAGEOMIN, en su publicación “Recomendaciones técnicas permanentes para lluvias en alta montaña” (2017), alerta sobre que unos de los signos previos a un aluvión o inundación es el aumento de la escorrentía:

“Monitorear permanentemente el caudal de las quebradas, ríos y esteros, con atención sobre aumentos súbitos de escorrentía, los que son indicadores de posibles aluviones y/o inundaciones. Asimismo, poner atención a la disminución abrupta del caudal, lo que podría significar un represamiento del cauce aguas arriba del punto de observación”.

Por esta razón, el seguir con estudios sobre este tema puede servir para poder ayudar a las personas que pueden verse afectadas por aquel fenómeno, y al mismo tiempo servir de ayuda a las autoridades correspondientes en la entrega de información para que puedan tomar una mejor decisión.

4.3. Discusión de la metodología

Con respecto a la metodología empleada, se identificaron las principales dificultades del experimento y se sugieren posibles mejoras para futuras repeticiones de la actividad. Estos puntos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Dificultades y mejoras del experimento.

Dificultades del procedimiento	Mejoras del procedimiento
A causa de la falta de herramientas de medición más precisas, consideramos que los resultados deben ser estimados como aproximaciones.	Instrumentos que permitan realizar de mejor manera la toma de resultados.
La escorrentía es un fenómeno natural muy complejo, por lo cual es difícil traducirlo en un experimento casero.	Disposición de recipientes adecuados para el procedimiento.
La nula obtención de datos en el caso del intento N° 1 Y N°2.	Trabajar en otros ángulos de inclinación de la tierra o agregar más ángulos al proceso.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, una de las principales dificultades durante la realización del experimento fue la toma de muestras adecuada, debido a la falta de instrumentos científicos especializados. Por lo tanto, los resultados deben considerarse como aproximaciones en lugar de datos cuantitativamente exactos. A pesar de estas dificultades, el objetivo de esta investigación científica es ser práctico y pedagógico, permitiendo su desarrollo de manera casera en el aula de clases.

5. Conclusión

5.1. Aprendizajes obtenidos con la indagación

Durante la indagación científica se dan a conocer distintos conceptos como las escorrentías tanto difusa como concentrada, el ciclo hidrológico, etc.

Además, se logró realizar un experimento práctico y con fines pedagógicos con el que se explicó cómo influye el grado de intensidad de una precipitación sobre la escorrentía difusa y/o concentrada en una ladera con diferentes pendientes.

La hipótesis basada en la pregunta seleccionada se trabajó comprendiendo la influencia del ciclo hidrológico evaporación en un proceso más grande como es el ciclo del agua, por lo tanto, desde una visión amplia hasta trabajar con conceptos más específicos.

5.2. Interpretación de fenómenos geográficos a escala global

Esta indagación no se realizó únicamente para comprender cómo se producía la escorrentía, tanto difusa como concentrada, ni para observar cómo se desplazaba el agua a través de la tierra, sino para tener una idea clara de cómo este proceso ocurre a una escala macro. En el transcurso del experimento se quiso asociar este proceso a los aluviones que en algunos casos se producen en Chile, pues un aumento de la escorrentía en alguna ladera puede producir alguna inundación y/o aluvión. Esto es un fenómeno que afecta la vida de las personas que son víctima, ya que, en algunos casos debido a la tala de bosque y árboles en estas zonas altas, quitan del medio un escudo protector que cuida a zonas de riesgo.

El intento N°2 es el que representa lo que sucede de forma diaria, en donde se forman escorrentías que no representan ningún problema, es más, en algunos casos estas aguas son usadas agrícolamente, pero el problema es detectado mientras mayor es el ángulo

de inclinación. En otras palabras, a más altura, sin ninguna medida natural de protección y a más intensidad de precipitación (aunque no lo probamos, pero es una hipótesis), mayor es el riesgo de saturación.

6. Bibliografía

- Bravo, P. S. (2017). *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander. 50 años (1966-2016)* (Vol. 68). Ed. Universidad de Cantabria.
- Breña, A. y Jacobo, M. (2006). "Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial". Universidad Autónoma Metropolitana. México. 287 p.
- Dingman, S. L. (1994). *Physical Hydrology*. New York.
- Espinoza, R. F. B. (2011). Redistribución de las precipitaciones en un renopal de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) en la Comuna de Máfil, Región de los Ríos, Chile.
- Paz-González, A., & Vidal-Vázquez, E. (2004). *Erosión y escorrentía*. Universidad de La Coruña.
- Sernageomin. (2017). Servicio Nacional de Geología y Minería. <https://www.sernageomin.cl/recomendaciones-tecnicas-permanentes-ante-lluvias-en-alta-montana/estudio>
- Vargas, P. (2007). Redistribución de las precipitaciones, escorrentía y producción de sedimentos en una microcuenca cubierta por bosque nativo en la provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales 33 p.