

EFECTOS DE LA INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LA EROSIÓN DEL SUELO

DANIELA GUERRERO

NICOLE BARRÍA

Resumen

La erosión hídrica y la escorrentía superficial de agua son fenómenos frecuentemente asociados a terrenos agrícolas o con pendientes pronunciadas. Aunque estos procesos son inevitables en ciertos contextos, su impacto puede ser mitigado. En el sector agrícola, la erosión de suelos y la escorrentía pueden ser controladas mediante un uso adecuado del suelo y la reutilización del agua de precipitación. Esto no solo ayuda a mantener un ecosistema equilibrado, sino que también mejora la productividad agrícola y previene la pérdida de suelo. La erosión hídrica y la escorrentía superficial de agua son fenómenos frecuentemente asociados a terrenos agrícolas o con pendientes pronunciadas. Aunque estos procesos son inevitables en ciertos contextos, su impacto puede ser mitigado. En el sector agrícola, la erosión de suelos y la escorrentía pueden ser controladas mediante un uso adecuado del suelo y la reutilización del agua de precipitación. Esto no solo ayuda a mantener un ecosistema equilibrado,

sino que también mejora la productividad agrícola y previene la pérdida de suelo.

La importancia del control de la erosión no se reduce solamente al mantenimiento del potencial productivo y de la fertilidad de los suelos para generaciones futuras, sino que es un medio eficiente para garantizar la continuidad del empleo agrícola, evitando el éxodo rural.

El presente proyecto de indagación científica se centra en un experimento que analiza la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial mediante lluvia simulada en tres escenarios con el mismo tipo de suelo pero con diferentes coberturas vegetales. Este experimento busca entender el impacto de diferentes intensidades de precipitación sobre cada tipo de cobertura vegetal y cómo estas afectan la pérdida de suelo y la escorrentía.

Palabras clave: Erosión de suelo, Precipitación, Escurrimiento, Cobertura vegetal.

1. Introducción

La erosión del suelo es el proceso de desgaste de la superficie terrestre como consecuencia del impacto de acciones geológicas. Es causada por factores naturales como el agua, el viento o por la propia acción del ser humano. Esta puede darse en todo el mundo, sin embargo, en zonas secas o áridas en donde no existe mayor vegetación y el suelo está mucho más expuesto, la erosión es mucho más rápida. Es por esto que la erosión es uno de los

principales actores en el moldeo y modificación de la forma de la tierra.

El impacto de la lluvia sobre una superficie de suelo, ya sea con mucha, poca o sin vegetación, es conocido como erosión pluvial. Este fenómeno suele darse en suelos delgados, y también en regiones de mucha y continua precipitación, sobre las rocas o materiales sólidos más expuestos a la caída del agua y en especial a su escurrimiento.

2. Marco Teórico

2.1. Erosión de suelo

Suele ser común encontrar procesos en la erosión del suelo sobre todo en lugares de áreas naturales y también en las que se encuentran intervenidas por el ser humano y, por esta razón, existe un nivel de debilidad en los espacios geográficos. Estos procesos se encuentran definidos por muchos factores físico-naturales y antropogénicos, sin embargo, existen otros fenómenos que los activan como por ejemplo los sismos, las tormentas o las crecidas torrenciales, revelados por ciertos estudios que se realizaron en cuencas hidrográficas.

El suelo, el clima y la vegetación están completamente equilibrados, ya que la vegetación es la encargada de disminuir la actividad en los procesos de erosión del suelo, ayudando a la creación de nuevos suelos (llamado periodo de biostasia). No obstante, esta fue cambiando desde que el ser humano comenzó a intervenir y a cultivar en la tierra para obtener alimentos,

destruyendo vegetación nativa y dañando la superficie del suelo con maquinaria agrícola.

Entre las medidas aplicadas a nivel mundial para reducir la degradación del suelo y la erosión se puede nombrar la Red WOCAT, utilizada con la finalidad de registrar y comunicar los nuevos sistemas de mejoramiento orientados a la producción sostenible. Dicha red posee un inventario de 450 estudios de casos de tecnologías y más de 350 estudios de enfoques en alrededor de 50 países, la mayoría de ellos desarrollados en África (60%) y Asia (30%).

La preservación del suelo es indispensable, tanto para mantener una alta producción agrícola como para proteger las cuencas hidrográficas, que han sufrido grandes cambios en el último tiempo.

En este contexto, los estudios de la erosión del suelo propician comprender los terrenos que son afectados por diversos factores de daño y así poder tomar medidas de prevención, conservación, protección y recuperación. Uno de los métodos utilizados para esto es la del empleo de sensores remotos que contribuyen a la valoración de riesgo y dinámica, la identificación y estimación de cambios de forma del relieve en el tiempo o su identificación temprana a fin de conocer las áreas inestables y aquellas que podrían ser vulnerables a estos procesos de degradación.

Los procesos del desgaste del suelo, en sectores más o menos secos, se caracterizan por ser lentos, graduales, frecuentes y definitivos, a excepción de la existencia de una mala gestión del suelo y su cubierta vegetal, pues en

estos casos el proceso es más rápido y se le denomina erosión acelerada (López y Romero, 1998).

Los daños causados por la erosión en áreas cultivadas suelen ser el resultado de métodos inadecuados de cultivo y manejo del suelo. En lugar de ser un simple efecto de la naturaleza, como el relieve o la intensidad de las lluvias, es la implementación de prácticas agrícolas irracionales lo que realmente impulsa la erosión y sus consecuencias negativas.

El agua que se escapa del campo en forma de esorrentía es, en gran medida, inutilizable para las plantas, ya que no tiene la oportunidad de infiltrarse en el suelo y ser absorbida por las raíces. En contraste, el agua que se infiltra en el suelo puede ser utilizada de manera más eficiente por las plantas. Este aspecto es especialmente crucial en climas más secos, donde los períodos sin lluvias frecuentes requieren que el agua se conserve y se utilice de manera óptima para mantener la salud y productividad de los cultivos.

La erosión en suelos agrícolas improductivos y las precipitaciones tienen como consecuencia la deposición de partículas de suelo en lugares indeseables, esto provoca la sedimentación de caminos, de arroyos, ríos, lagos, represas, etc. (Derpsch, 2007).

2.2. Precipitaciones

Las precipitaciones son producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra y ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución

gaseosa) se satura con el vapor de agua, se condensa y cae en forma de solución. El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La virga es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que se evapora antes de alcanzar la superficie.

Las precipitaciones se componen de tres categorías:

- a) La precipitación líquida, compuesta por llovizna y lluvia.
- b) La precipitación glacial, que es llovizna congelada y lluvia congelada (aguanieve).
- c) La precipitación congelada, correspondiente a la nieve, el granizo, las bolas o copos de nieve y los cristales de hielo.

El efecto erosivo de la lluvia depende de la intensidad, persistencia y frecuencia de las precipitaciones. A esta característica de la lluvia se le conoce como erosividad.

El impacto de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo constituye el comienzo de partida del proceso erosivo que continúa con el transporte de las partículas del material desprendido hacia la parte baja del terreno y finaliza cuando dicho material queda depositado en sectores bajos o es tomado por vías de escurrimiento y transportado nuevamente.

El choque que provoca la gota de lluvia en el suelo libre de cobertura vegetal es

de 6 mm de diámetro a una velocidad de hasta 32 km por hora.

El escurrimiento del agua y la erosión del suelo comienzan con el impacto de la lluvia sobre el suelo que no tiene vegetación. Las gotas de lluvia que caen durante un año en una hectárea de tierra, ejercen un impacto de energía que equivale a 50 toneladas de dinamita.

La energía de las gotas de lluvia desagrega el suelo en partículas muy pequeñas que obstruyen los poros, provocando una selladura superficial que impide la rápida infiltración del agua. Por otro lado, cuando el suelo se encuentra con cobertura vegetal, es decir, cubierto con plantas o residuos de las mismas plantas, la masa vegetal absorbe la energía de las gotas que caen en el suelo y se escurren lentamente hasta la superficie del suelo en donde infiltran rápidamente, pues la cobertura impide el taponamiento de los poros.

2.3. Cobertura vegetal

En zonas agrícolas, el uso de la cobertura vegetal es de gran importancia, ya que este ayuda a que se reduzca la erosión del suelo. Existe una práctica que ayuda a la reducción de la erosión del suelo en zonas excluidas de lluvia natural: el efecto de la cobertura vegetal sobre el proceso erosivo. La combinación de un cultivo tupido o pasto en combinación con nopal logró ser la práctica más útil en la reducción del proceso erosivo en comparación con monocultivos como pasto, nopal denso o éste último en combinación con coberturas bajas o medianas.

Dependiendo el tipo de cobertura vegetal y el uso que se le dé al cultivo, como también las características erosivas de las tormentas influiría en el aumento de la pérdida del suelo, sobre todo en el inicio de la siembra o plantación del cultivo. El tamaño del proceso erosivo del suelo aumenta por efecto de los cambios de uso de suelo. Lo anterior reconoce el importante papel que tiene la cobertura vegetal en el proceso erosivo de la lluvia, pues en bosques este cambio se cree que aumenta hasta 9 veces sobre el 100% en incremento sobre la pérdida natural de suelo que puede reducirse hasta 60% a través de buenas prácticas agrícolas para zonas de temporal y riego (Huerta-Olague et al., 2018).

2.4. Estudios similares

En el año 1979 se realizó un estudio dirigido por el Instituto de Investigación de Recursos Naturales, actual Centro de Información de Recursos Naturales, que recorrió gran parte del territorio nacional. Este estudio tiene por nombre "Fragilidad de los Ecosistemas Naturales de Chile" y se realizó con el objetivo de conocer la situación del recurso suelo y la vegetación en relación a la degradación del suelo para poder formular un diagnóstico sobre la erosión del suelo.

La metodología utilizada se basó en la interpretación de imágenes Land 1 y 2 en formato de diapositivas transparentes que se analizaron a través de un visor multiespectral 12s en sus bandas 4, 5, 6 y 7 del espectro electromagnético, detectando y delimitando unidades similares desde el punto de vista de los

descriptores de uso actual, nivel de cobertura vegetal y nivel de erosión.

Para clasificar los niveles de erosión en cada ecosistema natural detectado y delimitado, se llevó a cabo un análisis exploratorio de los rangos de erosión que afectan a los diversos paisajes del territorio chileno. Este análisis incluyó la correlación entre geoformas y rangos de erosión. Se determinaron niveles de erosión masiva, sin considerar las diferencias en los factores y mecanismos que caracterizan los distintos tipos y clases de erosión. Además, no se discriminó si la erosión es activa o pasiva, ni si se encuentra en vías de estabilización. Este enfoque permite una evaluación general de la magnitud y el impacto de la erosión en los diversos ecosistemas del país.

Los niveles determinados se agruparon de la siguiente manera, de acuerdo con el significado propuesto por Peralta (1987):

Código Significado:

- a) 0 = Muy grave.
- b) 1 = Grave.
- c) 2 = Moderada.
- d) 3 = Leve.

3. Metodología de investigación

En esta indagación, se investigará el efecto de las precipitaciones sobre la erosión del suelo, así como el papel protector de la vegetación (cobertura vegetal) y los impactos del arrastre de sedimentos en los cauces de agua. Se analizarán tres escenarios diferentes para observar el proceso de erosión en la tierra: el primero con abundante

vegetación, el segundo con escasa vegetación, y el tercero sin cobertura vegetal. En el último caso, se evaluará la cantidad de agua que se derrama sobre los maceteros con y sin cobertura vegetal, observando las diferencias en la erosión y la acumulación de sedimentos.

Respecto a la medición de los efectos de la lluvia sobre el suelo se creará una tabla de las variables, esto a través de una escala de tonalidades con el fin de medir el efecto de la precipitación en la erosión del suelo en cada recipiente que reciba el exceso de agua. Por último, la cantidad de erosión que se produjo en los receptores de los maceteros será observada dependiendo la cantidad de sedimento que se encuentre en los envases receptores.

3.1. Elementos y herramientas

Para llevar a cabo el experimento, se emplearon diversos elementos e instrumentos diseñados para garantizar la precisión y efectividad de la simulación y medición de la erosión del suelo. Entre estos se incluyeron:

- 200 ml de agua por cada botella (600 ml).
- 9 botellas de plástico transparentes que sean iguales.
- 3 recipientes para lluvia.
- 9 potes para recibir el agua.
- Muestras de suelo (diferentes).
- Tijeras o cúter.
- Regla.
- Escala de tonalidades.
- Vaso precipitado.
- Tabla comparativa.
- Gráfico.

3.2. Procedimiento

Antes de comenzar con el experimento, los suelos se secaron al aire durante al menos tres días y se prepararon para estudiar la importancia de la cobertura vegetal del suelo en el control de la erosión.

Se utilizaron tres botellas de plástico idénticas y cortadas por la mitad para fabricar los recipientes. A una de las botellas se le colocó tierra, a la segunda botella se le añadió tierra con poca vegetación, y a la última botella se le incorporó tierra con mucha vegetación. Se procuró añadir la misma cantidad de tierra en cada botella, presionando con fuerza para que cada simulación de suelo quedara lo más compacta posible. Cada suelo se ajustó por debajo del límite de la botella.

- 1) 1° Botella: Suelo de cobertura vegetal (pasto).
- 2) 2° Botella: Suelo con resto vegetales, entendiendo esto como restos de hojas, ramas, cortezas, etc.
- 3) 3° Botella: suelo libre de cubierta vegetal.

Para proseguir, se cortó la base de otras tres botellas de plástico transparente utilizadas para fabricar los recipientes en los que se recogió el agua excedente de cada maceta de tierra. Estos recipientes fueron colocados en las bocas de las botellas.

Se aplicó abundante agua a los suelos mediante un recipiente que simulaba lluvia artificial, y el agua drenada se recolectó en los recipientes descritos anteriormente.

El experimento se repitió tres veces con el motivo de comprobar los resultados esperados y que en estos no exista mayor variación. Además, para la simulación de la lluvia sobre las macetas con materiales reciclados se utilizaron otras tres botellas a las cuales se les hizo orificios para que caiga la lluvia de forma gradual.

4. Resultados

A lo largo del experimento se encontraron muchas variaciones, por lo que se repitió 3 veces el experimento. Las botellas que tenían la tierra quedaron con el agua acumulada y aunque pasaron días no había erosión de tierra alguna, además las condiciones climáticas no eran de gran ayuda. En los días en que se hizo el experimento, la tierra se encontraba seca en un comienzo y luego comenzó a llover por lo que la tierra se fue humedeciendo. Por otro lado, en el primer experimento se cometió un error: sacar la tierra de diferentes lugares y, por lo tanto, se obtuvo tierra de distintos colores. Luego cuando se realizó el experimento se cayó agua afuera de los receptores de agua.

Imagen 1. Tipos de suelo que se analizaron en el experimento y sus respectivos receptores de agua.



Fuente: Elaboración propia.

El experimento se repitió dos veces con el objetivo de verificar si se cumplían los parámetros esperados que se habían propuesto inicialmente. Siguiendo el procedimiento descrito en el ítem anterior, se utilizaron tres botellas en cada repetición del experimento, 1080 gramos de tierra y 900 mililitros de agua, los cuales fueron extraídos al mismo tiempo y del mismo lugar en el caso de la tierra. Posteriormente, se regó el agua sobre los suelos y se esperó a que el agua se acumulase en cada uno de los envases receptores.

Para continuar con el experimento y llevar a cabo las observaciones y análisis posteriores, se esperó hasta el día siguiente para permitir que la tierra acumulada en el agua se depositara en el fondo de las botellas receptoras. Este tiempo de reposo facilitó el siguiente paso: crear una escala de tonalidades para los tres escenarios elaborados, medir la cantidad de agua en centímetros cúbicos y analizar la cantidad de tierra que se había acumulado en cada recipiente.

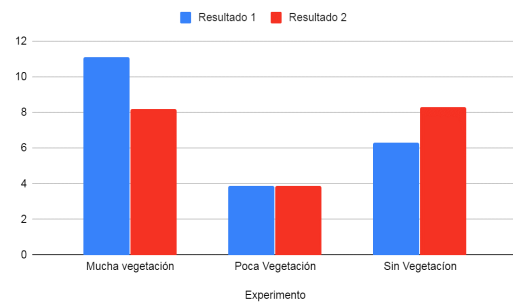
Efecto de las precipitaciones en la erosión del suelo:

Tabla 1. Cantidad de agua que cayó en cada botella.

	Mucha vegetación	Poca Vegetación	Sin Vegetación
Resultado 1 (cm)	11,1	3,9	6,3
Resultado 2 (cm)	8,2	3,9	8,3

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Comparación del experimento 1 con el experimento 2 según la cantidad de agua que cayó en cada botella en centímetro.



Fuente: Elaboración propia.

El efecto de las precipitaciones en la erosión del suelo ocurre a medida en que la lluvia toca el suelo (influyendo la intensidad de precipitación) y este es destruido, pero también implican los factores propios del suelo, como su naturaleza, estado inicial de humedad (el que va en aumento producto de la lluvia) y su capa protectora o si el tipo de suelo es blando, arenoso, de tierra negra, etc.

Para comenzar, el experimento se llevó a cabo en Puerto Montt, una comuna, ciudad y puerto del sur de Chile, que pertenece a la Región de Los Lagos. Esta localidad tiene una altitud aproximada de 14 metros sobre el nivel del mar y está ubicada en las coordenadas 41°28'18"S 72°56'23"O.

Los estados iniciales de las muestras de suelo fueron recogidos en un día sin lluvia, y la tierra podría describirse como un tipo de tierra negra. Tras la aplicación de la precipitación artificial, parte del agua procedente de las gotas de lluvia se acumuló o se dispersó sobre la superficie del suelo, mientras que otra parte comenzó a escurrir directamente sin ser absorbida, cayendo directamente en el receptor. En cuanto a la intensidad de las precipitaciones en nuestro

experimento, aunque no es posible medir con precisión la intensidad de la precipitación, podría clasificarse como moderada. Es decir, no se pueden distinguir gotas individuales, los charcos se forman rápidamente, y las salpicaduras de la precipitación se observan hasta cierta altura sobre el suelo o en otras superficies planas.

4.1. Escala de Tonalidades

Imagen 2. Escala de tonalidades del resultado N°1.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 3. Escala de tonalidades resultado N°2.



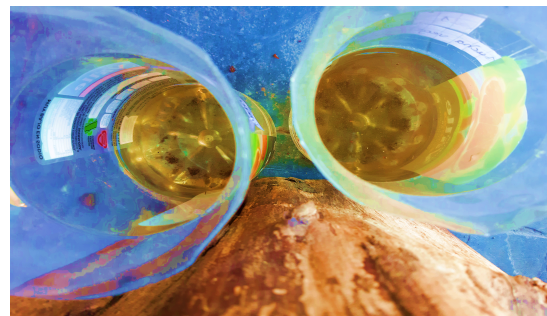
Fuente: Elaboración propia.

En las imágenes 2 y 3 se encuentran las escalas de tonalidades elaboradas para este proyecto, las cuales reflejan la importancia de la cobertura vegetal al momento de reducir el efecto de precipitación en la erosión del suelo.

En el caso de los envases con mucha vegetación, se observa un tono más claro que los restantes, esto se debe a que el pasto que está sobre la tierra disminuye el impacto de este sobre la tierra, ocasionando que no fluya tanta tierra y, por lo tanto, el agua tiene un tono más claro, tal como se observa en la imagen al fondo de la botella en la que se nota una menor cantidad de sedimento que las otras. El motivo por el que ocurre esto es el pasto que se encuentra en la superficie, no como en el caso del macetero con poca vegetación cayó más tierra en comparación al caso anterior debido a que este tenía menos cobertura vegetal. Tal como se ve en las imágenes, se observa un tono un poco más oscuro y la tierra unos milímetros más alta.

En el caso del macetero sin vegetación, el envase ubicado a la derecha es más oscuro debido a la ausencia de una capa protectora. Como no había ninguna vegetación que atenuara el impacto de la lluvia en el suelo, el agua cayó directamente sobre la tierra sin ningún tipo de amortiguación. Esto facilitó que se desprendiera una mayor cantidad de sedimento en comparación con los otros casos, donde la vegetación ayudó a reducir el impacto de las precipitaciones.

Imagen 4. Vista aérea de los sedimentos que cayeron del macetero con mucha vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 5. Vista aérea de los sedimentos que cayeron del macetero con poca vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 6. Vista aérea de los sedimentos que cayeron del macetero sin vegetación.



Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión

El experimento se basó en estudiar tres escenarios con lluvia artificial con el objetivo de observar el efecto de las precipitaciones en los ambientes en observación (muchas plantas, pocas plantas y sin cubierta vegetal).

Primero se analizaron los sedimentos que cayeron producto de la lluvia, el agua que se acumuló y luego se deslizó hasta llegar a los maceteros, luego su color, el cual fue distinto en los tres casos debido a la cantidad de tierra de cada escenario, quedando con menos tierra el macetero con más cobertura vegetal debido a que el pasto que hay en

la superficie del macetero actúa como un protector frente al proceso erosivo del suelo. Después, se observó el macetero con poca vegetación con un tono más oscuro y con más tierra arrastrada tras la caída de la lluvia artificial, esto debido a que este tenía menos vegetación en la superficie y la tierra era más visible. Este, a comparación del macetero con mucha vegetación, quedó con menos agua, puesto que se roció el agua, pero esta nunca fluyó como en el caso anterior, sino que se estancó en la parte superior disminuyendo el impacto en el suelo ya que la lluvia luego de chocar con el agua y no con la tierra, impidió la caída rápida del agua al frasco receptor.

En el último caso analizado, se observó una situación similar a la del caso anterior: el agua se acumuló en la superficie debido a la falta de vegetación. La ausencia de vegetación permitió que se liberara una mayor cantidad de tierra en comparación con los otros recipientes. Sin embargo, la caída del agua fue algo comparable a la registrada en el macetero con poca vegetación.

En comparación con otros trabajos anteriores similares al nuestro, se notaron varias diferencias en el análisis del experimento.

Un trabajo que realizó la CORFO, en 1979, analizó distintos parámetros en comparación al nuestro, este análisis la erosión en niveles grave, moderado y leve. En cambio, en este experimento se observó la cantidad de tierra en el agua de los envases tras la lluvia artificial y aquel que tuvo más tierra alcanzó un nivel mayor de erosión de suelo. Si se compara con este experimento realizado con la CORFO, aquel frasco con más

tierra corresponde a la categoría de grave y el frasco en el que se observa menos tierra entraría en la categoría de leve.

Al comparar el proyecto con otros similares, surgieron ciertas limitaciones, ya que, a diferencia de un equipo profesional en el área, no se contaba con todos los materiales necesarios. Además, se observó que en otros estudios, que se realizaron durante meses, se utilizaban softwares especializados que permitían analizar el suelo con mayor detalle y evaluar los cambios a lo largo del tiempo, antes y después de la intervención. Esta herramienta, ausente en nuestro estudio, es compleja y costosa.

El aporte de nuestra investigación radica en que el análisis se realizó en suelos no intervenidos, a diferencia de otros estudios que se enfocaron en suelos altamente modificados por actividades humanas, como la agricultura. En estos últimos casos, la agricultura consume gran cantidad de nutrientes del suelo debido a malas prácticas. En contraste, nuestro estudio se llevó a cabo en un entorno residencial sin intervención agrícola, lo que proporciona una perspectiva diferente sobre el impacto de la erosión y la escorrentía en suelos no alterados.

En cuanto a la recolección de información, resultó difícil encontrar artículos confiables para el marco teórico, ya que los estudios similares eran de difícil comprensión y no se ajustaban adecuadamente a los requerimientos de nuestra indagación científica.

6. Conclusión

Hay muchos factores que influyen en la erosión, en resumen, la madre naturaleza actúa con las leyes físicas y el suelo como estructura puede fallar por abrasión, cuando una corriente de agua a alta velocidad arranca el material y lo transporta. En este caso, se debe hacer contenciones a la corriente para reducir la velocidad. En el segundo caso puede ser que cayó tanta carga puntual de agua, que se saturó el suelo y el peso con un suelo blando que ejerce una fuerza mayor a la que pueden soportar las raíces y plantas.

Lo interesante y comprobado es que las laderas, incluso si son simplemente montañas, deben tratarse como un cultivo, fomentando la vegetación nativa. El proceso es relativamente simple: se realiza un análisis del suelo y, si es necesario, se corrige el pH, lo cual es fundamental. Luego, se aplica un abonamiento con materia orgánica. No se requieren productos químicos, ya que los abonos orgánicos bien formulados proporcionan todos los nutrientes necesarios para el cultivo.

Las señales de erosión algunas veces son difíciles de reconocer, pero se dan a conocer sobre todo cuando la producción de la cosecha comienza a disminuir. Esta podrá evitarse, manteniendo la mayor cantidad posible de plantas y árboles y dirigiendo el flujo de agua superficial hacia las zanjas, lagunas, ríos y arroyos. En lugares donde la erosión ya es grave, todavía es posible detenerla y rehabilitar los terrenos. Con tan sólo colocar una hilera de piedras o construir un muro bajo de piedra a lo largo de las curvas de nivel de la ladera se podrá evitar que la tierra se escurra

cuesta abajo, y crear lugares fértiles para árboles y plantas. Los métodos agrícolas sostenibles como el estiércol natural, la rotación de cultivos, el abono y la siembra de árboles juntamente con los cultivos son también formas de proteger el suelo y conservar los recursos de agua.

Algunas alternativas para contrarrestar el efecto de la erosión pueden ser:

- a. Cultivos cortando la pendiente principal: Esta práctica se realiza fundamentalmente cuando el terreno presenta una pendiente suave y uniforme. Consiste en realizar la siembra de un cultivo en dirección perpendicular al sentido de la pendiente principal del terreno. El objetivo es reducir la velocidad del escurrimiento superficial del agua a través de la rugosidad creada por los cultivos.
- b. Cultivos en contorno o siguiendo una curva de nivel: Consiste en la adaptación del sentido de siembra y de las labores a una o varias curvas de nivel. Al igual que la alternativa anterior, se busca reducir la velocidad del escurrimiento superficial y así disminuir la cantidad de suelo removido por erosión. Para su uso, hace falta el marcado de una o varias líneas guías que sirvan de referencia para realizar tanto las labores como la siembra.
- c. Cultivo en fajas: Consiste en la alternancia de cultivos de diferente ciclo y/o densidad de siembra de manera tal de descomponer la pendiente principal en tramos de menor longitud.
- d. Terrazas: Las terrazas son camellones o lomos de tierra que se construyen para disminuir la velocidad del agua de escurrimiento y aumentar la infiltración de la misma en el perfil (terrazas de absorción), o bien para que el escurrimiento superficial sea interceptado y derribado a velocidades no erosivas hacia canales de derivación y posteriormente hacia zonas acondicionadas para recibirlos (terrazas de derivación).

7. Bibliografía

- Bermúdez, F. L., & Díaz, A. R. (1998). Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. *Papeles de geografía*, (28).
- Camargo, C., Vidal, R., Andrades, J. (2014). Evaluación multitemporal de procesos de erosión en ladera mediante el uso de SIG y sensores remotos en la microcuenca torrencial "La Machirí", estado Táchira Venezuela. *Rev. Geogr. Venez.*, 55(1), 85-99.
- Derpsch, R. (2007). Entender el Proceso de la Erosión y de la Infiltración de Agua en el Suelo. FAO. (2014). Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas para la adaptación al cambio climático. Metodología basada en WOCAT para América Latina y el Caribe. Santiago.
- Huerta-Olague, J. D. J., Oropeza Mota, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Ríos Berber, J. D., Martínez Menes, M. R., & Barreto García, O. A. y Mancilla Villa, OR (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia (Arica)*, 36(2), 153-162.
- Pourrut, P. (1986). Papel de las precipitaciones en la degradación de los suelos. Impacto de las lluvias excepcionales del periodo 1982-1983. La erosión en el Ecuador. Centro Ecuatoriano de Investigaciones Geográficas CEDIG. Documentos de Investigación, (6), 25-34.
- Peralta, M. (1987). Investigación de Recursos Naturales, CORFO, 1979.