

DESARROLLO DE UNA ESCORRENTÍA DESDE DIFUSA A CONCENTRADA SEGÚN LA INCLINACIÓN DEL SUELO Y LA PRECIPITACIÓN

DANIEL VEGA S.

BASTIÁN ELGUETA M.

FRANCISCO VILLALONCO N.

Resumen

El objetivo de este artículo científico consiste en explicar cómo se generan las escorrentías (difusa y concentrada) producidas por las precipitaciones en un territorio específico y cómo influye el tipo de suelo en el que se generan. En este caso, la investigación se centra en la zona sur de la precordillera de los andes. Para el desarrollo de esta investigación se propuso generar una especie de superficie plana de material volcánico(arena), este material volcánico se vertió en una superficie plana de madera de 2.132,44 cm² (59,9 x 35,6), esto simularía un terreno al cual se le aplicarían distintos tipos de inclinaciones como una de las variantes en el comportamiento de las precipitaciones en la superficie, además se

le aplicó otra variante que sería la cantidad de precipitación medida en el volumen del agua que se le arrojaría en la simulación de lluvia. Teniendo estas variantes en la superficie en la que se desarrolló el experimento, nos entregarían diferentes tipos de resultados según el comportamiento del agua en cada uno.

Palabras Clave: Escorrentía, escorrentía difusa, escorrentía concentrada, precipitación, suelo.

1. Introducción

Esta investigación se realizó en el sector de Las Cascadas ubicado en la zona sur de Chile en la precordillera de Los Andes, lugar característico por el suelo volcánico predominante en la superficie, esto debido a las diferentes erupciones del cordón volcánico que existe por el este de la ubicación, lo cual genera una constante en el comportamiento del suelo con las precipitaciones del lugar. Es por esto que, el material que se utilizó para realizar el experimento de la investigación científica fue material volcánico el cual tiene características de un suelo con alta porosidad.

El experimento se centró en el proceso temporal que existe desde que se genera una escorrentía difusa y se va transformando a una escorrentía concentrada debido a la erosión pluvial. Este proceso es variado según las condiciones de inclinación y volumen de agua que cae en la superficie.

La información adquirida durante la indagación arroja diferentes aspectos a considerar dentro de la investigación, tales como la composición del suelo volcánico

en cuanto al peso del material y cómo interactúa con las precipitaciones una vez que se genera la escorrentía difusa y la erosión que genera del material menos pesado en comparación con el suelo más pesado. Aspectos bastante importantes para entender la formación de ríos y cómo se producen los aluviones a la escala de lo que es el experimento en sí.

La problemática estudiada en esta indagación corresponde a la escorrentía, entendiendo a ésta (de forma simplificada) como el agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno. Lógicamente este fenómeno se manifiesta de forma masiva, ya que, abarca casi la totalidad del medio natural, siendo un fenómeno al alcance de su estudio práctico y teorización respecto a las implicancias de dicho fenómeno.

Siendo la escorrentía, un elemento importante dentro del margen del sistema hidrológico, ésta a su vez posee implicancias antrópicas dentro del medio, ejemplos de ello, son el deslizamiento de terrenos, inundaciones y contaminación de otras fuentes puras de agua.

La escorrentía es un fenómeno importante porque admite entender la dinámica geomorfológica, lo que permite su estudio para el replanteamiento de ciertos tipos de uso de suelo, lo que significaría un gran avance en la calidad y seguridad de vida para la sociedad.

El marco teórico requerido para esta investigación se basa esencialmente en los estudios respecto a la geografía física, debido a que estas permiten captar cómo funciona dicho fenómeno, entendiendo los factores que inciden dentro de la escorrentía y su implicancia en el medio natural.

Se utilizarán conceptos referentes al tipo del suelo (porosidad) donde se produce la escorrentía; como también los niveles de precipitación dentro de estos tipos de suelo, y la inclinación de las pendientes en los distintos tipos de suelos sobre los cuales se desarrolla la escorrentía.

Los tipos de suelos son el resultado de la meteorización correspondiente, entendida como el proceso de deterioro y transformación de la roca al fragmentarse por la acción de factores físicos, químicos, biológicos y geológicos. Este proceso configura diversos tipos de suelos dentro del medio natural. Entre los tipos de suelos que se identificaron se encuentran:

- Suelos arenosos.
- Suelos calizos.
- Suelos humíferos (tierra negra)
- Suelos arcillosos
- Suelos pedregosos
- Suelos musgosos o limosos.

Esta variedad constituye la gama de suelos que configuran el medio natural.

Otro agente vital para entender el fenómeno de la escorrentía es la precipitación, que guarda estrecha relación con los tipos de suelos. Comprendiendo a ésta como el elemento clásico (en Hidrología) que constituye los diferentes tipos de ríos (escorrentía concentrada) y cuencas subterráneas que configuran los elementos hidrográficos presentes en el medio natural.

Los ríos de escorrentía directa son los agentes que permiten estudiar los flujos de los cauces, debido a que estos responden a la caída de precipitaciones recientes. Tomando en consideración agentes receptivos los cuales se ven obligados a capear las precipitaciones para constituir una escorrentía directa correspondiente, a

agentes de pérdida tales como: infiltración, la evapotranspiración, la interceptación y el almacenamiento superficial. Son los factores que inciden en la configuración de los cauces de los ríos, que inciden, lógicamente, también en los métodos de cálculos de la escorrentía debido a las precipitaciones, en periodos de tiempo de corto y largo plazo.

Es vital entender la escorrentía como un fenómeno que requiera una consideración multidisciplinaria para el estudio, ya que, como toda dinámica propia de cualquier agente del medio natural, actúan en razón de un “equilibrio dinámico” dentro del sistema natural, donde convergen e interactúan una infinidad de factores que inciden en dicho fenómeno.

En consideración de lo anterior, esta indagación científica corresponderá a razón de dos grandes disciplinas que estudian los fenómenos del medio natural: la Hidrología y la Geografía física, entendiendo que estas igualmente están ligadas a una multitudinaria gama de ciencias auxiliares que permiten entender y explicar el fenómeno de la escorrentía.

1.1 Hipótesis

Las condiciones del suelo se someten a las variables de inclinación y precipitación, lo cual provoca diferentes tipos de escorrentías.

- a) A mayor inclinación y baja precipitación se crea una arroyada más concentrada que difusa, mientras que con la misma precipitación en una inclinación baja existe una escorrentía más difusa que concentrada.

- b) A mayor inclinación con una precipitación alta se crea una escorrentía totalmente concentrada mientras que a una inclinación menor con la misma precipitación se crea una escorrentía más concentrada que difusa pero existen ambas.

Esta hipótesis se realizó en base a ciertos conocimientos previos sobre lo que eran las escorrentías, pero, cabe mencionar que no se tenía conocimiento completo de que, la escorrentía, como tema principal, mantiene un proceso de cambio de difusa a concentrada y no como factores alejados sin relación.

2. Metodología

La escorrentía es el fenómeno principal en la cual está basado esta indagación científica, debido a que está presente de manera constante dentro de la vida cotidiana. Pero bajo la falta de conocimientos sobre el tema, pasa totalmente desapercibida como se manifiesta dicho fenómeno en el medio ambiente, y más aún, en las ciudades. Este fenómeno se constituye en el movimiento superficial del agua debido a la saturación de la porosidad del suelo, y que alimenta arroyos, ríos y lagos (Geografía de Chile, I.G.M, 1984). Lo anterior se puede homologar al plano urbano, con la variabilidad de una forma totalmente artificial, debido al factor antrópico, en donde la saturación se crea a partir de un suelo pavimentado por el asfalto, el cual pasa dicha escorrentía, provocando un efecto impermeable debido a las condiciones de este suelo, en donde el agua no logra infiltrarse y este escurre de manera más caudalosa por las calles de la urbe. Otro caso que facilita su comprensión

sería el fenómeno de los aluviones e inundaciones, casos donde específicamente responden al fenómeno de la escorrentía.

La metodología, en cual se basó la realización de esta indagación científica, parte por la recolección de materiales aptos para posteriormente simular el fenómeno de la escorrentía en base a una plataforma, gestionada autónomamente, que vendría a representar, en una menor escala, la pendiente en cuál iba a desarrollarse la escorrentía.

Los materiales utilizados para esta investigación fueron:

- Recipientes.
- Vasos.
- Bolsas.
- Pala.
- Planchas y tablas de madera.
- Cuaderno.
- Arena.
- Cinta de embalaje.
- Pesa.
- Transportador.
- Cuchillo.
- Regadera.
- Colador.
- Lápices.
- Agua.
- Regla y Cinta métrica.
- Cámara fotográfica.

2.1 Procedimiento

Para llevar a cabo esta investigación de manera sistemática y comprensible, se describirá el procedimiento en una serie de etapas, para la comprensión de cada una de ellas.

- a) Recolección de los materiales correspondientes.
- b) Posteriormente se procedió a construir tres plataformas de madera de una superficie 2.132,44 cm² (59,9 x 35,6).
- c) Luego se cubrió cada una de las superficies con una muestra de suelo volcánico (3 ½ kg) que simula una pendiente.
- d) Se esparció la arena y se compactó en la superficie de madera.
- e) Se utilizó agua para simular la precipitación, dividiéndola en vasos de 500 cc que se vertieron en un vaso con agujeros en la parte inferior, imitando la precipitación sobre la superficie del suelo volcánico.
- f) Se definieron tres inclinaciones para cada plataforma: 5°, 15° y 30°. Estas medidas se adoptaron para representar y visualizar cómo se comporta la escorrentía en diferentes condiciones de suelo e inclinación.
- g) Luego se procedió a ejecutar dichas medidas de inclinación, sostenidos por planchas y tablas de madera.

Imagen 1. Ilustración de planchas y madera en forma inclinada.



Fuente: Elaboración propia.

- h) Respecto a la variabilidad de la precipitación, se usaron 2 tipos de

medidas: 1 y 2 litros, siendo la de 1 litro que representa la variable de una precipitación baja. Mientras que la de 2 Litros pasa a representar la variable de una precipitación alta.

- i) Para poder simular la precipitación, se cortó la parte inferior de un vaso de plástico en formas de pequeños agujeros, para poder simular el efecto de lluvia propiamente tal. Este vaso fue el encargado de filtrar el agua que vertida, por medio de recipientes.

Imagen 2. Ilustración del efecto de lluvia en vasos plásticos.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 3. Recipiente medidor.



Fuente: Elaboración propia

- j) Estas se dividen en los vasos de plásticos de unos 500 cc y se procedió a realizar la simulación de lluvia a una distancia de 50 cm de la cúspide de la plataforma en cada variante de cantidad de agua lluvia.

Imagen 4. Ilustración simulación del experimento.



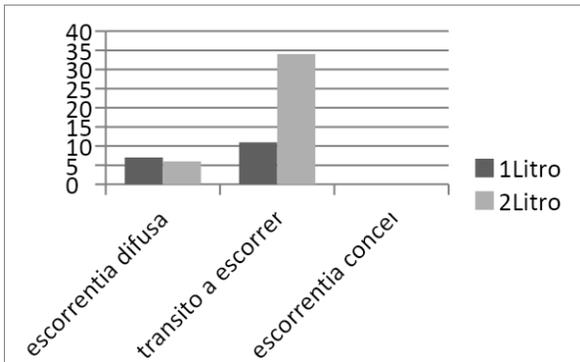
Fuente: Elaboración propia

- k) Para cada ejecución de la simulación se realizó una documentación audiovisual para el posterior análisis de los resultados que arroja cada una.

3. Resultados

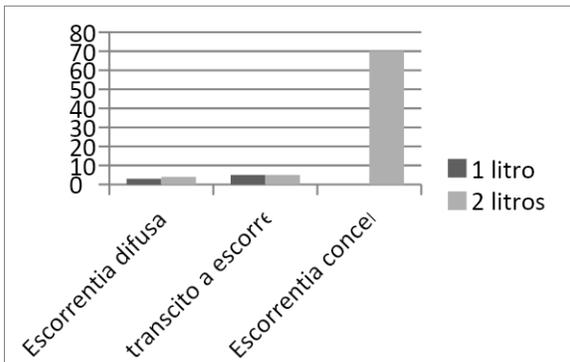
Los siguientes resultados se consideran desde el momento en que se observa la primera gota y la formación de una escorrentía difusa al final de la pendiente (plataforma), hasta que el agua fluye como una escorrentía concentrada.

Gráfico 1. Gráfico de variable de inclinación de 5°.



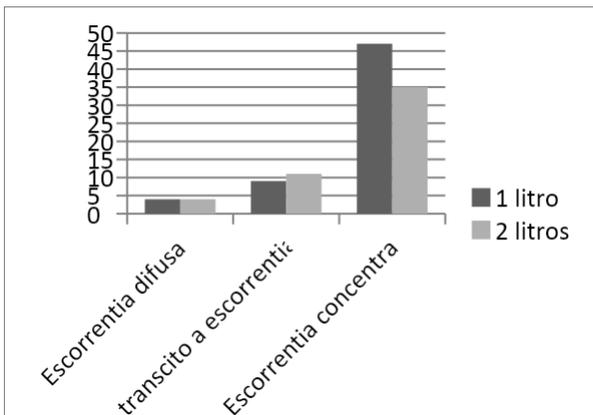
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Gráfico variable de inclinación de unos 15°.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Gráfico variable de inclinación de unos 30°.



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una comparación de los resultados arrojados en base al tiempo que se demora en la caída del primer hilo de agua en cada una de las plataformas de diferentes inclinaciones, luego la transición a una escorrentía concentrada y si realmente se concreta esta escorrentía al final de la caída de la cantidad de agua establecida. Esta comparación primero será en base a la variable de precipitación de cada experimento con la misma inclinación, luego en la respuesta que da cada inclinación con la misma cantidad de agua.

Estas mediciones están basadas meramente en la observación de la transformación de una escorrentía difusa hacia una escorrentía concentrada, debido a que es el ejercicio más significativo para la asimilación (en la primera instancia de cuando uno estudia la escorrentía como tal) y comprender este fenómeno de una manera mucho más práctica y concisa. Cabe mencionar que, debido a las limitaciones conceptuales y de herramientas, se pudo simular a nivel escala los tipos de escorrentía presentes en el medio natural. Además, se seleccionaron factores condicionantes específicos para facilitar la visualización de la transformación de los distintos tipos de escorrentías.

Estos factores incluyeron el uso de arena de origen volcánico, ya que un suelo más orgánico dificultaría la nitidez de la observación de la transición de una escorrentía difusa a una concentrada. Además, la arena, al ser un tipo de suelo con alta porosidad efectiva, permite observar de manera más pausada esta transición, facilitando una mejor comprensión de la dinámica de este fenómeno.

La medición de tiempo de esta observación con relación a la transición de las

escorrentías no es la única medida constituyente de estos resultados. La medición de las precipitaciones implicadas en la realización de este simulacro permitió concluir a este factor como uno considerable para su implicación dentro de los métodos de estudio para las dinámicas de las escorrentías. Lógicamente el nivel de precipitación tiene directa incidencia en los tipos de escorrentías, ya que, estos alimentan los cauces por los cuales se forman dichas escorrentías, en donde se simuló bajo dos distintas medidas de precipitaciones, correspondientes a 1 y 2 litros.

Como resultado, se observó una disminución notable en el tiempo requerido para la formación de una escorrentía concentrada en los casos con 2 litros de precipitación. Esto es coherente con la configuración constante de los cauces, que facilitó la formación de escorrentías concentradas. Este fenómeno se debe a que las medidas de agua tuvieron que atravesar la infiltración y la alta porosidad efectiva del tipo de suelo, el cual cubrió las plataformas simuladoras de la pendiente.

Aunque estas mediciones no abarcan todos los factores posibles que podrían influir en el fenómeno de la escorrentía, se logró recrear los aspectos fundamentales de esta investigación. En particular, se consiguió ilustrar de manera efectiva cómo se desarrolla la escorrentía y se entendieron las implicaciones de factores clave como la precipitación, la inclinación de la pendiente y el tipo de suelo en esta dinámica natural. A pesar de las limitaciones inherentes a los simulacros, el estudio proporcionó una comprensión significativa del comportamiento de la escorrentía y de cómo los distintos factores interactúan para influir en su formación y evolución.

4. Discusión

La presencia de escorrentía está condicionada por una variedad de factores. En el contexto del experimento realizado, se consideraron tres principales: la inclinación, la escorrentía y las precipitaciones. Sin embargo, estos no son los únicos factores que influyen en la escorrentía. Otros aspectos importantes incluyen el tipo de suelo y la vegetación presente, los cuales también juegan un papel crucial en la dinámica y formación de la escorrentía.

En el contexto de la Región de Los Lagos, que se distingue por su clima templado lluvioso y una vegetación exuberante propia del bosque valdiviano, la situación presenta un desafío significativo. La alta densidad de vegetación caracteriza a esta región, pero la tala de árboles y la deforestación resultantes de las actividades antrópicas están provocando un daño considerable al ecosistema local.

La vegetación desempeña un papel crucial en la escorrentía, tal como se evidenció en este experimento. El tipo de suelo utilizado es de tipo volcánico, arenoso y poroso que además presentaba humedad, esto debido que la muestra de suelo fue sacada a metros del lago Llanquihue, produciendo un tipo de escorrentía superficial, una situación de mínima vegetación en la condición de máxima humedad, es decir, de suelo saturado, lo que definió que todas las tormentas generarán escorrentía superficial.

Por otro lado, la intensidad de las precipitaciones es un factor crucial que está relacionado con el tipo de suelo. Si el suelo está saturado y la intensidad de la precipitación es alta, el umbral crítico de escorrentía se supera rápidamente. Esto contrasta con lo que ocurre en suelos secos o en situaciones de precipitaciones

escasas, donde la escorrentía no se produce con la misma rapidez.

En cuanto a la vegetación, a medida que ésta es más densa, las escorrentías son menores, ya que, juega un rol en la interceptación del agua caída, demorando la escorrentía superficial y favoreciendo la infiltración, lo que se condice con lo señalado por autores como Lindholm y Stembeck (1993), Farmer et al. (2003) y Pizarro et al. (2005). En este último caso, en el experimento, el suelo volcánico que se utilizó no presenta vegetación y los tipos de precipitación, en el caso de un litro y con la inclinación de 5 grados, se ve claramente una escorrentía difusa debido al tipo de inclinación y a la caída de finos sedimentos. Ahora bien, con una mayor inclinación y con la misma cantidad de agua, se produjo un tipo de escorrentía concentrada, esto debido al tipo de inclinación que fue de 15 grados y a la no vegetación, produciendo una energía en el agua más fuerte.

Es importante recalcar la importancia en la de las distintas variables que configuran las escorrentías, ya que, como se explicitó anteriormente, al ser parte de los sistemas de la geografía física y la hidrología, estos están condicionados bajo una multitud de agentes que se configuran en estos sistemas.

Los agentes como la precipitación son fundamentales para comprender la escorrentía en los cauces superficiales. Existen distintos tipos de precipitación, como pluvial y glaciario, y la intensidad con la que incide en un lugar y momento determinados también es crucial. Por lo tanto, considerar este factor es esencial para aplicar métodos científicos en el estudio de las escorrentías superficiales.

Otro factor importante en la composición del suelo, en donde estos según su composición química y física (debido a la meteorización) configuran el actuar de las escorrentías superficiales, debido a que esta tiende a infiltrarse las gotas provenientes de las precipitaciones que producen el cauce de dichas escorrentías, esta infiltración penetra el suelo directamente proporcional a la porosidad de la materia de la cual compone la superficie. Si el suelo presenta una mayor presencia orgánica, facilitará la infiltración del agua, que en vez del caso de un suelo inorgánico. Siendo factores que inciden en la velocidad en la formación de las cuencas superficiales en la superficie, como también en la conformación de dichas cuencas, en donde, según la conformación de la superficie, permitiera cuencas mucho más concentradas o fragmentadas.

También cabe mencionar el factor antrópico, el cual, últimamente, que ha adquirido gran relevancia, donde el hombre y su faceta de agente modelador del medio natural, logra incidir, incluso hasta de formas dramáticas (desastres), en el comportamiento de estas escorrentías superficiales.

Como en todo sistema, se encuentran una multiplicidad de factores que inciden en la configuración de estas escorrentías superficiales, donde, lógicamente requieren mucho más tiempo para abordar la profundidad requerida para entender la dinámica de este sistema tan rico en interrelaciones de una diversidad notable de factores.

Para finalizar, la no presencia en el suelo de vegetación tiene una relación directa con los tipos de escorrentías, la presencia y tipo de cubierta vegetal cumplen un rol importante en la reducción y/o retraso en la

generación de escorrentías directas, independiente de las condiciones precedentes de humedad. Las condiciones precedentes de humedad del suelo y las intensidades de precipitación son las que determinan principalmente las cantidades de escorrentías sobre la cuenca, más que el tipo de cobertura vegetal que posea un área geográfica determinada.

Este fenómeno actúa también como agente modelador, esto producido por la erosión, donde, el proceso de erosión se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generando el proceso de erosión.

5. Conclusiones

El cauce fluvial puede entenderse como una forma de escorrentía que inicialmente comienza como una escorrentía difusa, caracterizada por una distribución no constante del agua. A medida que el agua erosiona el suelo, esta escorrentía difusa se transforma en una escorrentía concentrada, que se manifiesta comúnmente en ríos. Este proceso erosivo es el que da origen a los cauces fluviales que se conocen.

Esta indagación científica entrega luces de los diferentes fenómenos existentes en la actualidad en el espacio común de la cotidianidad, como por ejemplo los ríos antes mencionados, el flujo del agua que se genera en las calles de la ciudad al momento de existir precipitaciones, e incluso las inundaciones en las periferias bajas de la ciudad, creadas por la nula infiltración del agua por el asfalto o

cemento, lo cual crea una saturación de los sistemas de alcantarillado que no logran responder óptimamente a dicha saturación de precipitaciones.

Es vital la comprensión, por parte de la sociedad en general, de los valores e implicancias de las escorrentías dentro del medio natural, ya que, estos inciden constantemente (según los factores climáticos de la zona) en la transportación de materiales y cauces de aguas superficiales, que modelan la superficie.

Ante la eventualidad de una anomalía presentada de unos de sus agentes que condicionan este fenómeno, podrían presentarse de forma drástica y dramática para la convivencia del ser humano acorde a su medio natural, siendo incluso afectado de manera nefasta por no tender la consciencia suficiente ante esta problemática, que ya debería considerar en sí una problemática, que afecta la sociedad de manera general y cotidiana.

Actualmente estos incidentes drásticos se presentan en la sociedad en formas de desastres, como por ejemplo: inundaciones, contaminación de recursos hídricos puros, audiciones, etc. Todos estos se combinan con los factores abióticos y antrópicos que afectan de manera peligrosa en la convivencia del hombre y su medio natural.

El experimento se puede aplicar para la prevención de desastres naturales como el ocurrido en la Villa Santa Lucia ubicada en la Región de Los Lagos. Este desastre consistió en la remoción de tierra que derivó en un aluvión provocado por las precipitaciones y el desborde de un río, que en consecuencia dejó víctimas fatales y damnificados. También se puede aplicar a programas de prevención de la

deforestación que se realiza del monocultivo de especies para la producción de celulosa, la cual genera una inestabilidad en los suelos que conlleva los aluviones antes mencionados.

Es sumamente importante el llamado a seguir indagando en temas tan cotidianos y no tan conocidos como las escorrentías superficiales, debido a que podrían contribuir en investigaciones para la medición de estos fenómenos, y una posterior planificación para implementar de políticas públicas acordes que respeten y resguarden los márgenes de equilibrio dentro del sistema del medio natural.

6. Bibliografía

- Gaspari, F. J., Senisterra, G. E., & Marlats, R. M. (2007). Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 1.
- Henríquez, C., Azócar, G., & Aguayo, M. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: Aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *SciELO*, 36, 1.
- Pizarro Tapia, R., Tapia Cornejo, M., Román Arellano, L., Jordán Díaz, C., & Farías Daza, C. (2006). Coeficientes de escorrentía instantáneos para la cuenca del río Tutuvén, VII Región del Maule, Chile. *SciELO*, 27, 1.
- Strahler, A. N., & Strahler, A. H. (1994). *Geografía física*. Omega.