

La Escorrentía de las aguas de tormenta: Entendiendo los impactos ecológicos de cambiar los usos del suelo



Foto: «No tirar basura, desagua en el puerto»

por **Joan Chadde**

Traducido por Ignacio Barbeito Sánchez

Al expandirse las comunidades, los nuevos centros comerciales florecen en sus afueras, los grandes aparcamientos aparecen poco a poco en el paisaje y las señalizaciones crecen como malas hierbas. Una arquitectura cortada por un mismo patrón en el que las grandes superficies reemplazan los centros históricos de las ciudades. Con el entorno construido se adquiere una nueva imagen en la que el entorno natural también cambia, ¿pero cómo?

Quería que mis alumnos de secundaria entendiesen estos cambios en su comunidad para que pudiesen entender mejor las

consecuencias de desear otro restaurante más de comida rápida u otro pequeño centro comercial más. Como profesora de ciencia, necesitaba encontrar una manera de conectar el aprendizaje sobre el uso del suelo y el carácter de la comunidad con mi currículo en ciencia de secundaria. Decidí construir un módulo acerca de la escorrentía de las aguas de tormenta ya que una causa de la contaminación del agua son las sustancias contaminantes transportadas a lagos y ríos por la escorrentía de las aguas de tormenta. Además, la escorrentía de las aguas de tormenta es algo que los alumnos pueden ver y sobre lo que pueden hacer algo al respecto fácilmente.



Joan Chardde

Simple demostración de modelo de cuenca utilizando una capa de plástico extendida sobre pliegos de papel de periódico

Objetivos

El módulo de aguas de tormenta sugiere problemas y soluciones que los alumnos se encuentran a diario pero en los que rara vez piensan. Muchos alumnos no son conscientes de que los cambios de los usos del suelo en sus comunidades se encuentran planificados, ó intencionalmente no planificados. Al término del estudio, los alumnos son capaces de:

- describir maneras en las que el ser humano cambia el entorno y describir algunas de las posibles consecuencias de esos cambios.
- Explicar el efecto de la agricultura y el desarrollo urbano en los ecosistemas.
- Describir cómo los cambios en el uso y cubierta del suelo cambian la apariencia y carácter de la comunidad y afectan al entorno.
- Explicar cómo el pavimento incrementa la escorrentía hacia ríos, lagos y áreas costeras.

- Describir cómo la escorrentía de agua de tormenta puede reducir la calidad del agua en arroyos, lagos y aguas costeras, afectando a la pesca deportiva y comercial, alterando orillas pintorescas y causando el cierre de playas.
- Explicar cómo un aumento de la escorrentía de las aguas de tormenta reduce la recarga de los acuíferos, reduciendo el nivel freático potencialmente y causando un impacto en los pozos para consumo humano privados.
- Usar mediciones para describir el mundo real y solucionar problemas.

Empiezo el módulo preguntando a los alumnos estas preguntas:

- ¿Cómo afecta el crecimiento de la comunidad a la cubierta del suelo?
- ¿Cómo afectan estos cambios en la cubierta del suelo a la cantidad, calidad y distribución de las escorrentías de las aguas de tormenta?
- ¿Cómo afectará la creación de más pavimentos al nivel freático y a los pozos de consumo humano?
- ¿Cómo afectará la pérdida de vegetación natural a lo largo de las riberas y orillas a la calidad del agua de ríos y lagos y cómo alterará el ecosistema acuático?
- ¿Cómo afectarán todos estos cambios a la apariencia y carácter natural de la comunidad?

Investigando la escorrentía

La escorrentía de las aguas de tormenta ocurre cuando el agua de lluvia o deshielo fluye sobre la superficie del suelo en lugar de penetrar al interior del suelo. Al fluir sobre las carreteras, céspedes, aparcamientos y obras, el agua recoge fertilizantes, pesticidas, suciedad, sal antinieve para las carreteras, aceite de motor y desperdicios de

origen animal. A menudo estos contaminantes son trasladados a lagos, arroyos, ríos, humedales o aguas costeras cercanos. En algunas ciudades cualquier agua de lluvia que entre en un colector de aguas pluviales se deja sin ser tratado a los cuerpos de agua locales-los mismos que la gente usa para nadar, pescar y posiblemente hasta beber agua. En ciudades que tienen un sistema combinado de alcantarillado y colectores de agua pluvial, millones de galones de aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas pueden ser soltados a los lagos y ríos durante tormentas largas cuando las plantas de tratamiento de aguas residuales se encuentran sobrecargadas.

Demuestro el movimiento de la escorrentía con un simple modelo de cuenca que creo utilizando una capa de plástico (un mantel de picnic o una o cortina de ducha también valen) extendida sobre pliegos de papel de periódico (uno también puede utilizar un modelo de cuenca EnviroScape® ya listo para ser usado). Invito a la clase a juntarse alrededor mientras simulo “lluvia” sobre el modelo utilizando rociadores o tazas, ilustrando como se mueve la escorrentía ladera abajo hasta los ríos y lagos.

A continuación, utilizo el juego “la metáfora de las agua de tormenta” para hacer a los alumnos pensar en los contaminantes potenciales en las agua de tormenta. Cada grupo de tres a cuatro alumnos recibe uno de los siguientes artículos y debe decir a la clase cómo se



relaciona el artículo con las aguas de tormenta:

- coche de juguete (aceite de coche, gasolina, anticongelante)
- correa de mascota (desperdicios originados por mascotas)
- pala para nieve (sal antinieve para las carreteras)
- -casa de juguete (fertilizantes y

pesticidas es los céspedes)

- bolsa de comida rápida (restos, basura)
- césped de plástico o bola de golf (fertilizantes y pesticidas de céspedes, jardines y granjas)
- una brocha (pinturas y disolventes vertidos a los colectores pluviales)
- un paquete de semillas (el suelo descubierto contribuye a los sedimentos como la arena y el limo)
- un buldózer de juguete (sedimentos de una obra nueva)
- papel higiénico (restos de origen humano de plantas de aguas residuales rebosan)

Después de discutir sobre las aguas de tormenta- de dónde vienen y a dónde van llevo a mi clase a un pequeño paseo fuera para identificar las áreas que pueden contribuir a la escorrentía y discutir los tipos de contaminantes que podrían ser arrastrados desde esas áreas al cuerpo de agua más cercano. Cuando sea posible, damos este paseo durante o justo después de llover. Lo asimilo a ser detectives ambientales buscando pistas o evidencia. Un día, cuando andábamos hacia el río cerca de nuestro colegio, el departamento de mantenimiento estaba pintando el campo de fútbol y un trabajador aclaró el pulverizador

de pintura en el aparcamiento. Al ver un penacho de pintura blanca bajar por el río los niños rápidamente reconocieron la fuente de contaminación. Era una pintura soluble en agua, no tóxica, pero etiquetamos los conductos de desagüe y alertamos al supervisor de mantenimiento del problema potencial. Si puedes localizar las cañerías en tu comunidad que descargan las aguas de tormenta puedes tener oportunidades parecidas de ver un penacho de aguas contaminadas desaguar al interior de un río o lago.

Utilizando las mejores prácticas de gestión

Los alumnos investigan el impacto potencial del cambio de usos del suelo en la cantidad y calidad del agua superficial. Como clase, hacemos una lluvia de ideas sobre diferentes usos del suelo y enumeramos contaminantes potenciales asociados con cada uno de ellos. Recuerdo a los alumnos que los cambios en los usos del suelo no son intrínsecamente malos, y que depende de cómo sean implementados. Las mejores prácticas de gestión (MPGs) son métodos estructurales o no estructurales de prevenir o reducir el movimiento de la escorrentía llevando sedimentos, nutrientes, pesticidas y otros contaminantes de la tierra al agua superficial. Identificamos varias MPGs para cada uso del suelo (ver la tabla “Control de la escorrentía: Mejores Prácticas de Gestión”). Se les da a los estudiantes la tarea de ir a la comunidad a fotografiar tres MPGs utilizados para proteger la calidad del agua, y tres ejemplos de sitios donde las MPGs deberían haberse adoptado pero faltan. Los alumnos aprenden a leer el paisaje al identificar cuencas de sedimentación para capturar el agua de escorrentía de los grandes aparcamientos, canales de drenaje de vegetación o rocas alineadas y vallas contra la erosión, que mantienen el suelo de las perturbaciones relacionadas con la

construcción fuera de los canales de agua. Algunos notan la presencia de zonas tampón de vegetación en las orillas y de jardines de lluvia para capturar la escorrentía de los aparcamientos. Los alumnos escriben una corta descripción de cada foto describiendo la MPG o recomendando una MPG en concreto si ésta falta.

Reviso con los estudiantes parte de las decisiones de planificación y diseño que se han hecho en nuestra comunidad, discutiendo tendencias de crecimiento locales y cómo afectan directamente a nuestra cuenca. Utilizando la guía “Guías de diseño para mejorar la apariencia de la comunidad y para proteger los recursos naturales”, vemos ejemplos de y alternativas a la expansión urbana (otros libros y páginas web sobre diseño de la comunidad o carácter de la comunidad podrían ser utilizadas, o podría preguntarse a los alumnos que hicieran investigación en la red de expansión urbana y coleccionasen fotos para compartirlas con la clase). Es importante para los alumnos entender la expansión visualmente más que sólo verbalmente. Por tanto, les pido que identifiquen el nuevo desarrollo en nuestra comunidad y lo documenten con fotos digitales. Después, los alumnos seleccionan una foto y hacen recomendaciones para minimizar los impactos visuales y ambientales del nuevo desarrollo. Imprimen la foto, colocan papel de calco sobre ella y dibujan en él las partes de la escena que quieren mantener como están, y añaden recomendaciones de “mejores prácticas” para mostrar cómo podría mejorarse el nuevo desarrollo para entremezclarse mejor en la comunidad y minimizar el impacto sobre la calidad del agua y sobre otros impactos ambientales.

Calculando la escorrentía

Si hay tiempo, hago que los alumnos calculen la cantidad de escorrentía de las aguas de tormenta del colegio. Primero miden el edificio del colegio y transfieren las dimensiones a papel cuadriculado. Los alumnos después estiman el área del edificio del colegio contando el número de cuadrados que ocupa. Para obtener el volumen de agua que cae en esta región

durante un evento de lluvia, multiplican el área por la profundidad de lluvia de la siguiente manera:

Medidas estadounidenses (por pulgada de lluvia)

1. Área del tejado en metros cuadrados x 0.8333 pies (1 pulgada)= un pie cúbico
2. Pies cúbicos x 7.84= volumen en galones estadounidenses

Control de la escorrentía: Mejores Prácticas de Gestión

Uso del suelo	Posibles contaminantes	Mejores Prácticas de Gestión (MPGs)
Urbano/ Comercial (Aparcamientos, calles de la ciudad)	Sal para carreteras Sedimentos Fluidos de automóvil Aceite de motor Calentamiento térmico del agua de escorrentía	-Utilizar asfalto poroso o cemento permeable -Crear islas de vegetación en los aparcamientos -Construir estanques de retención del agua de escorrentía para recolectar esta agua y dar tiempo a la infiltración de la misma -No pavimentar los aparcamientos -Crear canales de desagüe con vegetación o rocas alineadas para que la escorrentía pueda filtrarse al suelo lentamente
Bosques gestionados (calles de saca de madera)	Sedimentos	-Mantener la vegetación tampón a lo largo de los ríos para filtrar los sedimentos -No localizar las calles de saca justo adyacentes a los ríos
Residencial (céspedes, caminos de entrada)	Pesticidas Fertilizantes (nutrientes) Residuos de mascotas (bacterias) Sal para carreteras Detergentes	-Utilizar cantidades mínimas de pesticidas y fertilizantes en céspedes - Recoger y eliminar los residuos de las mascotas - Mantener áreas de vegetación natural para promover la infiltración - Regar los céspedes con moderación - Lavar el coche donde el agua con jabón se infiltre en el césped y no corra
Agricultura (ganado pastando)	Residuos animales (bacterias, nutrientes)	-Mantener la vegetación tampón a lo largo de los ríos para frenar y filtrar la escorrentía -Poner vallas a lo largo de los ríos para limitar ó prevenir el acceso -Proporcionar depósitos de agua para el ganado
Agricultura (tierra de cultivo)	Sedimentos Fertilizantes Pesticidas	-Mantener la vegetación tampón a lo largo de los ríos para frenar y filtrar la escorrentía
Nuevas obras	Sedimentos	-Utilizar una estructura para el control de la erosión para prevenir que el suelo se mueva del sitio

Medidas métricas (por centímetro de lluvia):

1. Área del techo en metros cuadrados x 0.01 m (1 cm)= metros cúbicos
2. Metros cúbicos x 1,000= volumen en litros

Pregunto a los alumnos, “¿Llegará toda la lluvia que cae sobre el terreno del colegio al río o al lago?” Expongo la tabla “Porcentaje de escorrentía para diferentes tipos de cubierta del suelo” para mostrar que el tipo de cubierta del suelo determina cuanta precipitación se infiltra en el mismo y cuanta corre. Otros factores que afectan a la escorrentía son el tipo de suelo y su tasa de infiltración; la intensidad y la cantidad de escorrentía; si el suelo está helado o saturado; si el bosque es un bosque joven de crecimiento rápido, que utiliza mucha agua, o un bosque

maduro de crecimiento lento; la pendiente del terreno; y la cantidad de compactación del suelo (los céspedes de áreas residenciales muy densas están bastante compactados, limitando enormemente la infiltración). Enseño a los alumnos fotos aéreas de nuestra comunidad, tomadas en 1975 y 2002, que claramente ilustran cambios en la cubierta del suelo debido a cambios en el uso del suelo (las fotos aéreas pueden obtenerse de agencias de gestión del terreno locales u oficinas de planificación de la ciudad, y en los EEUU de oficinas del condado del Servicio de



Foto: Pavimento permeable hecho de plástico reciclado que permite que el agua de lluvia se filtre a la tierra de manera natural en lugar de al sistema municipal de drenaje.

Conservación de los Recursos Naturales del USDA).

Finalmente, los estudiantes abordan el cálculo del volumen total de escorrentía del terreno del colegio en un año. Primero miramos una fotografía aérea o un boceto de ingeniería de todos los terrenos del colegio y nos fijamos en las diferentes cubiertas del suelo: pavimento/ aparcamientos impermeables, aceras y tejados, campo de fútbol/césped, pequeña área boscosa. Dejo que los alumnos libremente midan el área de cada tipo de cubierta con cintas métricas y

calculadoras (las medidas podrían hacerse a partir de fotos aéreas si una leyenda de distancias estuviese disponible). Después de obtener estas mediciones, los alumnos

calculan el área total de cada tipo de cubierta,

la cual multiplican por la precipitación anual media y por el factor de escorrentía apropiado (el porcentaje de precipitación que corre, como se muestra en la tabla “Porcentaje de escorrentía para distintos tipos de cubierta del suelo”. Finalmente, los alumnos convierten estos volúmenes a litros o galones de escorrentía. (Ver la tabla “Calculando la escorrentía de los edificios y terrenos del colegio”).

Terminamos este módulo con una lluvia de ideas sobre maneras de reducir la escorrentía de los terrenos de nuestro colegio, como plantar un jardín de lluvia,

instalar un techo verde, utilizar asfalto impermeable en el aparcamiento y plantar arbustos y árboles. También etiquetamos los desagües de aguas de tormenta alrededor del colegio.

Muchos alumnos no son conscientes de que los cambios de uso del suelo en sus comunidades pueden afectar a la calidad del agua de arroyos, ríos y lagos cercanos. Después de este módulo, son capaces de conectar mejor los cambios en la apariencia de la comunidad con los cambios ecológicos resultantes de los cambios en la cubierta del suelo.

Más investigaciones sobre el uso del suelo

Las siguientes son otras ideas con base científica para medir los impactos ecológicos de cambiar los usos del suelo:

- Medir la diferencia en calidad del agua en ríos aguas arriba y aguas abajo de una ciudad, centro comercial, u otro uso del suelo, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores. La página web de EPA es un buen sitio para empezar a aprender sobre métodos de muestreo, identificación, programas de monitorización estatales y más: <http://www.epa.gov/wbioindicators/html/invertebrate.html>.

Porcentaje de escorrentía para diferentes tipos de cubiertas del suelo

Uso del suelo	Descripción de la cubierta del suelo	Porcentaje de escorrentía
1. Agricultura	Cultivos en hileras y cubierta de residuos de cultivos	30%
2. Comercial	Edificios, aceras, aparcamientos pavimentados	95-100%
3. Bosque	Árboles y arbustos	20-30%
4. Pasto/campos para ganado ó fauna	Praderas, leguminosas	10-30%
5. Residencial con alta densidad	Tamaño de la parcela menor de 0.2 ha (0.5 acre)	80%
6. Residencial con baja densidad	Tamaño de la parcela igual o mayor de 0.2 ha (0.5 acre)	50%
7. Industrial	Edificios y aparcamientos pavimentados	70-90%
8. Espacio abierto/sin bosque	Céspedes, parques, campos de golf	20-40%
9. Humedal	Agua estancada, con vegetación	5%

Fuente: Hidrología Urbana para Pequeñas Cuencas, USDA Servicio de Conservación de los Recursos Naturales, 1986.

Calculando la Escorrentía de los edificios y terrenos del colegio

Edificio u otro sitio	Columna A Área (metros cuadrados o pies cuadrados)	Columna B Lluvia anual (metros o pies)	Columna C Volumen de lluvia anual Col. A x Col. B (metros cúbicos o pies cúbicos)	Factor de Escorrentía (%)	Volumen de Escorrentía anual Col. C x Factor de escorrentía (metros cúbicos o pies cúbicos)
Escorrentía total del colegio					
Convertir metros cúbicos a litros: multiplicar el total por 1,000					
Convertir metros cúbicos a galones estadounidenses: multiplicar el total por 7.48					

- Identificar cambios de uso del suelo en su comunidad y discutir las potenciales consecuencias visuales y medioambientales. Ver la actividad “Cambiando el Suelo” en el módulo *Las apariencias importan!* en http://wupcenter.mtu.edu/education/land_use/index_looks_count.htm.
- Comparar la diversidad de plantas en áreas urbanas con la de áreas naturales no alteradas. Ver “Estudio de Biodiversidad: Alterado vs. No alterado” en el módulo *Las apariencias importan!* en http://wupcenter.mtu.edu/education/land_use/index_looks_count.htm.
- Utilizar huevos de pájaro artificiales (hechos de arcilla para modelar y dispuestos en grupos de tres huevos en una serie de cortes paralelos) para medir la variabilidad en la predación de huevos puestos por pájaros que nidifican en el suelo según la distancia respecto al desarrollo humano se reduce. Ver “Investigación de la Predación de Nidos Artificiales” en el módulo *Las apariencias importan!* en http://wupcenter.mtu.edu/education/land_use/index_looks_count.htm.

Joan Chadde es la coordinadora del programa de educación del Western Upper Peninsula Center para Ciencia, Matemáticas y Educación Ambiental en la Michigan Technological University en Houghton, Michigan. Agradece a los profesores Gary Cousino (Escuela de secundaria Hart, Rochester Hills, MI), Betty Cangemi (Instituto de Bachillerato L’Anse, L’Anse, MI) y Sharon Bajema (Instituto de Bachillerato Ottawa Hills, Grand Rapids, MI) sus contribuciones a esta lección. Otras actividades

adicionales sobre cuencas y uso del suelo por Joan Chadde pueden encontrarse en el módulo Michigan Environmental Education Curriculum Support (MEECS) Módulo de calidad del agua, disponible on-line en www.michigan.gov/deq/0,1607,7-135-3307_3580_29678---,00.html.

Ignacio Barbeito Sánchez es Ingeniero Forestal por la Universidad Politécnica de Madrid (España)