

Marco legislativo para la gestión de sedimentos en los Estados Unidos

Legislative framework for sediment management in the United States

García-Chevesich, P. A.^{a,b1,c}, Jones, S. L.^{d1}, Daniels, J. M.^{d2}, Valdés-Pineda, R.^{b2}, Venegas-Quiñones, H.^e, Pizarro, R.^f

^aUniversidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Grupo Internacional de Investigación Hidrológica. Avenida Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile. Email: pablogarciach@gmail.com

^bUniversity of Arizona. Department of Hydrology and Atmospheric Sciences. JW Harshbarger Building #11, Room 318D, Tucson, AZ 85701. Email: ^{b2} rvaldes@email.arizona.edu

^cUnesco, International Sediment Initiative.

^dUniversity of Denver. Department of Geography and the Environment. Boettcher West, Room 120. 2050 E. Iliff Ave., Denver, CO 80208. Email: ^{d1} Shannon.L.Jones@du.edu, ^{d2} j.michael.daniels@du.edu

^eUniversidad Andrés Bello, Pontificia Universidad Católica de Chile. Email: hlvargas@uc.cl.

^fUniversidad de Talca. Centro Tecnológico de Hidrología Ambiental. Avenida Lircay S/N, Talca, Chile. Email: rpizarro@utalca.cl.

Recibido: 28/07/2017

Aceptado: 28/03/2018

Publicado: 30/04/2018

Citar como: García-Chevesich, P. A., Jones, S. L., Daniels, J. M., Valdés-Pineda, R., Venegas-Quiñones, H., Pizarro, R. 2018. Legislative framework for sediment management in the United States. *Ingeniería del agua*, 22(2), 53-67. <https://doi.org/10.4995/ia.2018.7916>

RESUMEN

La erosión de sedimentos es un problema serio, con aproximadamente 75 000 millones de toneladas de suelo erosionadas anualmente en todo el mundo (Pimentel y Kounang, 1998). Aunque la erosión es un proceso natural, ésta puede acelerarse debido a la actividad humana y a los cambios en el uso de la tierra. El incremento de la erosión del suelo más allá de su umbral natural puede resultar en una degradación ambiental significativa y una disminución de la productividad económica. La implementación de leyes y prácticas de gestión de sedimentos es fundamental para disminuir significativamente la erosión del suelo y preservar los recursos ambientales. En los Estados Unidos, existe un sistema integral de leyes y regulaciones a nivel nacional, estatal, del condado y de ciudad que gobiernan la erosión y el control de sedimentos. Las leyes y los incentivos voluntarios descritos en nuestro trabajo han reducido significativamente los impactos negativos de los sedimentos transportados en las escorrentías urbanas y rurales, han reducido los contaminantes químicos y biológicos en los sedimentos transportados hacia los ecosistemas acuáticos y han mejorado la calidad del aire en varias ciudades con problemas de contaminación atmosférica. Tener un enfoque multifacético para monitorizar la erosión y mejorar la gestión del suelo es importante para un ambiente y una economía sanos y productivos.

Palabras clave | Sedimentos; Estados Unidos; Políticas.

ABSTRACT

Sediment erosion is a serious issue, with approximately 75 billion tons of soil is eroded annually around the world (Pimentel and Kounang, 1998). Although erosion is a natural process, it can accelerate due to human activity and land use changes. Increasing soil erosion beyond its natural threshold can result in significant environmental degradation and decreased economic productivity. Implementing sediment management laws and practices is critical to significantly decrease soil erosion and preserve environmental resources. In the United States, there is a comprehensive system of laws and regulations at national, state, county, and city level that govern erosion and sediment control. The laws and voluntary incentives outlined in our paper have significantly

reduced the negative impacts of sediment carried in urban and storm-generated runoff, have reduced chemical and biological pollutants in sediment transported in aquatic ecosystems, and have improved the air quality in several cities with air pollution problems. Having a multi-faceted approach to monitoring erosion and improving soil management is important for a healthy, productive environment and economy.

Key words | *Sediment; United States; Politics.*

INTRODUCCIÓN

La erosión de suelos es un proceso natural resultante del desprendimiento y movimiento de las partículas de suelo (sedimento) por el agua, el viento, el hielo o la gravedad. Las tierras recientemente cultivadas o desnudas son más susceptibles a la lluvia y a la erosión eólica debido a la falta de una cubierta vegetal protectora. Así, la erosión de suelos en los Estados Unidos puede aumentar debido a la actividad humana y a los cambios en el uso de la tierra. Dicho incremento daña los ecosistemas naturales y representa un gasto económico considerable para el país. Además, los sedimentos en suspensión pueden afectar negativamente a los ecosistemas acuáticos y a quienes habitan aguas abajo en una cuenca dada (Garcia-Chevesich, 2015).

La erosión en sitios de construcción, agricultura, minería y otras actividades que despejan la capa superficial del suelo son fuentes importantes de sedimentos y contaminantes; sin una gestión adecuada, los sedimentos pueden aumentar la pérdida de suelo hasta 500 t/ha/año en los Estados Unidos (USDA, 2007). La principal fuente de erosión en el país son las prácticas que exponen la capa superficial del suelo a la merced del viento, la lluvia y la escorrentía superficial producida durante las tormentas. Los costos asociados a la producción de sedimentos están representados por costos de fertilización e irrigación (Garcia-Chevesich, 2015). El tratamiento del agua propiamente tal y del aire (MP10 - Material particulado de 10 micrómetros o menos de diámetro) también es más costoso con el aumento de la sedimentación. Por ejemplo, el aumento de polvo y sedimento en el aire puede contribuir a la contaminación atmosférica en zonas urbanas y puede incrementar significativamente la frecuencia y gravedad de enfermedades respiratorias, subiendo los costos de la atención de la salud (Garcia-Chevesich *et al.*, 2014). Las vías fluviales y los sistemas de alcantarillado obstruidos con sedimentos también deben ser continuamente dragados y filtrados, incrementando así los costos de evacuación y tratamiento de aguas urbanas.

Debido a lo anterior, en los Estados Unidos existe un robusto sistema de leyes y regulaciones que demandan el control de la erosión y los sedimentos en cualquier actividad que altere la capa superficial vegetal protectora del suelo. Como consecuencia, gracias a una adecuada gestión de sedimentos, durante las últimas décadas se han reducido significativamente las tasas de erosión de suelos en el país (USDA, 2010). Paralelamente, muchas leyes han creado incentivos y una robusta industria de control de sedimentos. La Figura 1 ilustra la evolución de las tasas nacionales y regionales de erosión durante las últimas décadas en Estados Unidos, en donde se puede apreciar que la mayor parte de la erosión hídrica en 2007 (54%) ocurrió en el “Cinturón del Maíz” y en las Llanuras del Norte (USDA, 2010). Debido a factores climáticos, características del suelo, características del paisaje y prácticas de cultivo, la erosión del suelo se concentra geográficamente. De hecho, el 93% de la erosión eólica ocurre en las regiones del “Northern Plains, Southern Plains, Mountain y Lake States”. Aunque sólo se considera un uso de la tierra en este mapa (agricultura), éste proporciona una línea base para comprender la relación entre clima, suelos, y tipo y cantidad de procesos de erosión. Esto es importante desde una perspectiva de gestión y conocimiento del clima local y regional, patrones climáticos, suelos, vegetación y medio ambiente, pues es necesario para crear leyes efectivas e implementar las mejores prácticas de prevención y control de la erosión y los sedimentos, debido a lo que funciona en climas húmedos no necesariamente se recomienda para regiones más secas (Garcia-Chevesich y Etra, 2012).

En este artículo, los autores analizan el sistema de gestión de sedimentos desarrollado en los Estados Unidos, enfatizando en la legislación y agencias federales, estatales y locales relacionadas con el control de los sedimentos, los sistemas de incentivos para el control de la erosión, la actividad industrial de la zona de estudio y la necesidad de replicar este excelente sistema integrado de gestión de sedimentos en otros países.

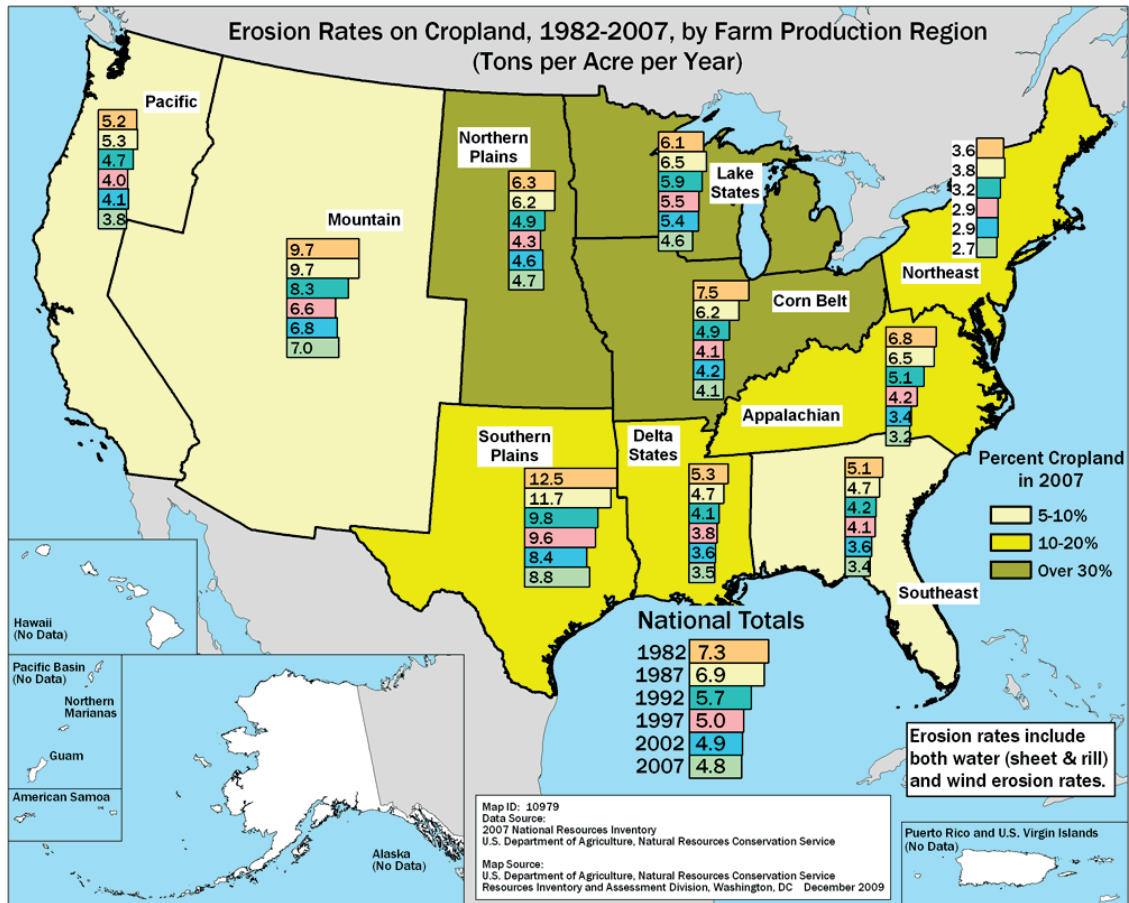


Figura 1 | Evolución de las tasas de erosión en los Estados Unidos, en base a factores regionales como clima, suelos, topografía y prácticas de cultivo (USDA, 2010).

MARCO GENERAL LEGISLATIVO PARA LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS

Sistema legislativo relacionado con los sedimentos

Nacido en 1972, el *Clean Water Act* (CWA, Ley de Agua Limpia) se creó tras la evaluación de la calidad de las aguas de ríos y cuerpos de agua en los Estados Unidos. El CWA se basa en la “prohibición absoluta de descarga de cualquier tipo de contaminante en ríos y cuerpos de agua dentro de los límites de los Estados Unidos”. Así, la concentración de contaminantes disminuyó notablemente dentro de los siguientes años, tras la creación del dicho instrumento. Sin embargo, en 1998 la comunidad científica recalcó que el principal contaminante de las aguas del país eran los sedimentos, prohibiéndose a partir de ese año la emisión de descarga de dicho material particulado en los ríos y cuerpos de agua de los Estados Unidos.

Gracias al CWA, hoy en día está absolutamente prohibido no controlar los sedimentos en Estados Unidos. Como consecuencia, el control de los sedimentos forma parte del presupuesto en cualquier proyecto de construcción, minería, agricultura, forestación, ganadería, o cualquier actividad que altere la capa superficial protectora del suelo. Sin embargo, cada Estado norteamericano define sus propios estándares, lo que ha complicado un poco la eficiencia del sistema. Por ejemplo, lo que podría funcionar bien en climas húmedos, no necesariamente es adecuado para climas más áridos, y como muchos Estados poseen una alta diversidad climática, el

sistema no ha tenido mucho éxito en áreas de escasa precipitación. En la Figura 2 se puede apreciar la ineffectividad de implementar en climas áridos medidas desarrolladas y evaluadas para zonas donde existe un mayor porcentaje de humedad ambiental.



Figura 2 | Típico ejemplo de un inadecuado control de la erosión y los sedimentos en zonas áridas de los Estados Unidos, en donde por norma se aplican técnicas que son efectivas solamente en climas más húmedos (García-Chevesich y Etra, 2012).

Pese a que existen buenos sistemas de certificación profesional enfocados al control de la erosión y los sedimentos (*Certified Professional in Erosion and Sediment Control*), quienes inspeccionan los sitios en donde se controla la erosión no están calificados suficientemente como para determinar si un sistema de control de sedimentos se aplicó correctamente, o si dada las condiciones de sitio, se debió haber aplicado otra técnica. Debido a lo anterior, el principal problema que enfrentan las leyes de control de los sedimentos en los Estados Unidos es la ausencia de normas específicas según climas, así como el bajo conocimiento del tema por parte de los inspectores (García-Chevesich, 2012).

Dentro del CWA, existe también un eficiente sistema de regularización de los sedimentos, esta vez desde la perspectiva de la contaminación atmosférica. Los Estándares Nacionales de Calidad del Aire (*National Air Quality Standards*) y la Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act, CAA*) regularizan la emisión de sedimentos en la escorrentía generada por actividades agrícolas ubicadas en zonas cercanas a centros urbanos con problemas de calidad de aire. Esto se debe a que se ha comprobado que una porción significativa de las PM10 (material particulado de 10 micrones o menos de diámetro) en suspensión está representada por partículas de suelo, a lo que se le denomina “polvo fugitivo” (*fugitive dust*). De hecho, desde que se incorporaron los sedimentos dentro del CWA en 1998, la calidad del aire en los principales centros urbanos de los Estados Unidos ha mejorado notablemente (Figura 3).

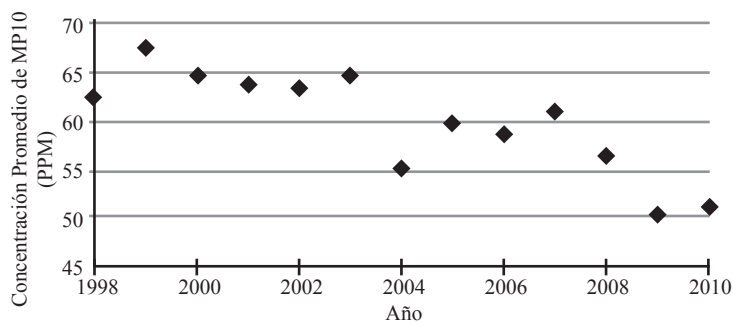


Figura 3 | Evolución de la concentración de MP10 en 279 ciudades norteamericanas, tras la creación de la norma de control de sedimentos (García-Chevesich et al., 2014).

Las *multas* asociadas a no controlar los sedimentos varían según el Estado y tipo de falta, pero han llegado a ser hasta 10 000 dólares por día de violación a la norma en sitios de construcción en Los Ángeles, una de las ciudades más contaminadas del país. Así, la legislación enfocada en el control de los sedimentos dio origen a las mejores prácticas de gestión (*Best Management Practices*, BMP), las que se detallan más adelante en el artículo.

Sistema de Incentivos

El control de los sedimentos en Estados Unidos no sólo se basa en regulaciones y multas. Existe además un excelente sistema de incentivos para que quienes manejan la tierra sean capaces de costear la instalación de prácticas de captura de sedimentos. Así, existe primeramente el Programa de Incentivos de Calidad Ambiental (*Environmental Quality Incentives Program*), dentro del cual se incluyen prácticas de conservación de suelo y aguas, como por ejemplo la captura de sedimentos. Dicho Programa se creó en 1996 y financia tanto proyectos como asistencia técnica enfocados en el control de los sedimentos. Pueden concurrir a este sistema de incentivos agricultores, ganaderos, forestales, o cualquier disciplina de producción relacionada con la gestión de recursos naturales, en donde se altere la superficie del suelo. A partir del año 2015, el Programa financia proyectos de hasta 10 años, con montos de hasta 450 000 dólares. La evolución del presupuesto anual nacional para este Programa de financiamiento se ilustra en la Figura 4.

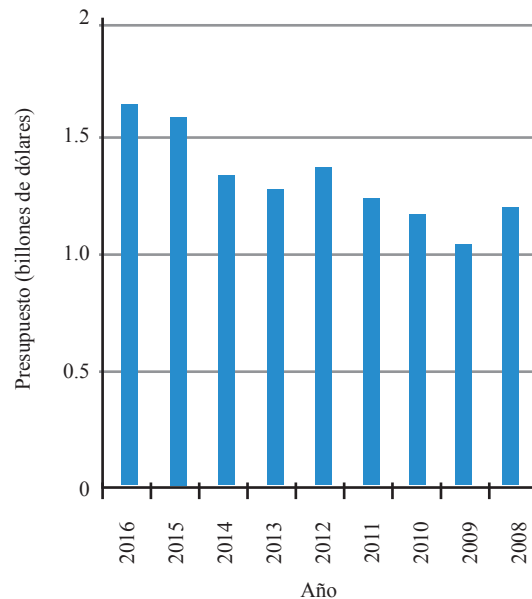


Figura 4 | Evolución del presupuesto para cada año fiscal, del *Environmental Quality Incentives Program*, en billones de dólares (EPA, 2017c).

Paralelamente, existe el Incentivo Nacional de Calidad de Agua (*National Water Quality Incentive*), en donde se incluyen los sedimentos como parte importante de dicho instrumento. Creado en el año 2012, este incentivo ha financiado durante el año fiscal 2015 casi 85 000 000 dólares, con un presupuesto anual de 25 000 000 dólares, bastante inferior al sistema de incentivos anteriormente descrito. Sin embargo, este sistema se basa en cuencas prioritarias. Es decir, cada año los Estados norteamericanos analizan sus cuencas y definen entre 1 y 12 cuencas prioritarias (por Estado), de acuerdo a su estado de degradación. Así, pueden concurrir a estos fondos sólo quienes posean tierras dentro de los límites de una cuenca prioritaria, en un año dado.

Paralelamente, cada agencia federal y estatal cuenta con sus propios programas de incentivos relacionados con los sedimentos, como se verá más adelante.

Inventarios de sedimentos

Los sedimentos en Estados Unidos son evaluados mediante un Inventario Nacional de Calidad de Aguas (*National Water Quality Inventory*), el cual no se realiza en forma anual, pero sí se actualiza constantemente. La información actualizada de la carga máxima diaria de sedimentos (*Total Maximum Daily Loads*) se puede obtener en línea (EPA, 2018), en donde es posible acceder a reportes pasados, por Estado o cuerpo de agua. En general, los sedimentos afectan alrededor de un 15% de la longitud total de los ríos considerados y sólo un 5% del área total de lagos y embalses.

AGENCIAS FEDERALES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS

Existen muchas agencias federales norteamericanas involucradas con la gestión de los sedimentos. Un enfoque desde lo amplio hasta lo más específico requiere que las agencias federales, como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), monitoreen y reduzcan la producción de sedimentos con la ayuda de agencias estatales y locales. Además, también existen los programas de incentivos antes descritos, en los cuales las agencias federales se asocian con productores y propietarios para controlar la producción de sedimentos a través de prácticas de conservación.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio de Conservación de Recursos Naturales

La escorrentía producida en terrenos agrícolas y urbanos es la principal fuente de contaminación del agua en los Estados Unidos, con más de 4 000 millones de toneladas de sedimentos desprendidos cada año (EPA, 1998). La erosión del suelo causada por el viento, el agua y la gravedad, afecta significativamente la productividad y la calidad de suelos agrícolas, así como las tensiones en la economía agroalimentaria. Así, el USDA proporciona herramientas y guías para el uso de medidas de control de sedimentos en múltiples actividades, incluyendo la construcción, la minería, la agricultura y la silvicultura.

Dentro del USDA se encuentra el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (*Natural Resources Conservation Service*, NRCS), entidad creada en 1935 como el Servicio de Conservación de Suelos (*Soil Conservation Service*, SCS), que se desarrolló originalmente como resultado del “*Dust Bowl*” de 1930 para ayudar a los agricultores a conservar sus tierras (USDA, 2017b). En la década de 1950, el NRCS creó un “banco de suelos” (*Soil Bank*) para proteger y conservar suelos altamente erosionables (Farm Policy Facts, 2017). En 1985, se creó un Programa de Reserva de Conservación (*Conservation Reserve Program*, CRP) para proporcionar asistencia de costo compartido a tierras agrícolas y promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la emisión de sedimentos (USDA, 2017b). Desde la década de 1980, tanto la erosión eólica como la hídrica han disminuido en suelos agrícolas de los Estados Unidos, como ya se ha mencionado con anterioridad. En la Figura 5 se puede apreciar que a través de datos recopilados por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales en suelos agrícolas desde el año 1987 hasta el año 2007 se puede indicar que la erosión eólica (simbolizada en puntos rojos) y la erosión hídrica (simbolizada en puntos azules) ha ido disminuyendo a través del tiempo debido a la gestión de prácticas que tienen la finalidad de la conservación del suelo.

El NRCS tiene varios programas de incentivos y asistencia para reducir la emisión de sedimentos en la agricultura, tales como el Programa de Incentivos a la Calidad Ambiental (EQIP), el Programa de Gestión en Conservación (CSP), el Programa de Protección de Cuencas de Emergencia (EWP), y el Programa de Reserva de Pastizales (GRP), todos con el fin de conservar y proteger los recursos naturales (USDA, 2017c). Las prácticas de gestión del EQIP para reducir la emisión de sedimentos incluyen la plantación de árboles para cortavientos y cinturones de protección, gestión del agua de riego, y la práctica de la siembra directa y gestión de residuos de cultivos para minimizar la perturbación del suelo. El CSP es un programa voluntario de conservación para incrementar las actividades de conservación y mejorar el suelo, el agua y el aire. El EWP se enfoca en reducir el escurrimiento en las vías fluviales y proteger las llanuras de inundación, con el fin de mitigar y reducir los daños causados por las inundaciones, la sequía y los sedimentos en los cursos de agua. El GRP promueve un sistema de pastoreo cuyo objetivo es proteger las gramíneas y hierbas nativas, y así reducir la producción de sedimentos y mejorar la condición del suelo.

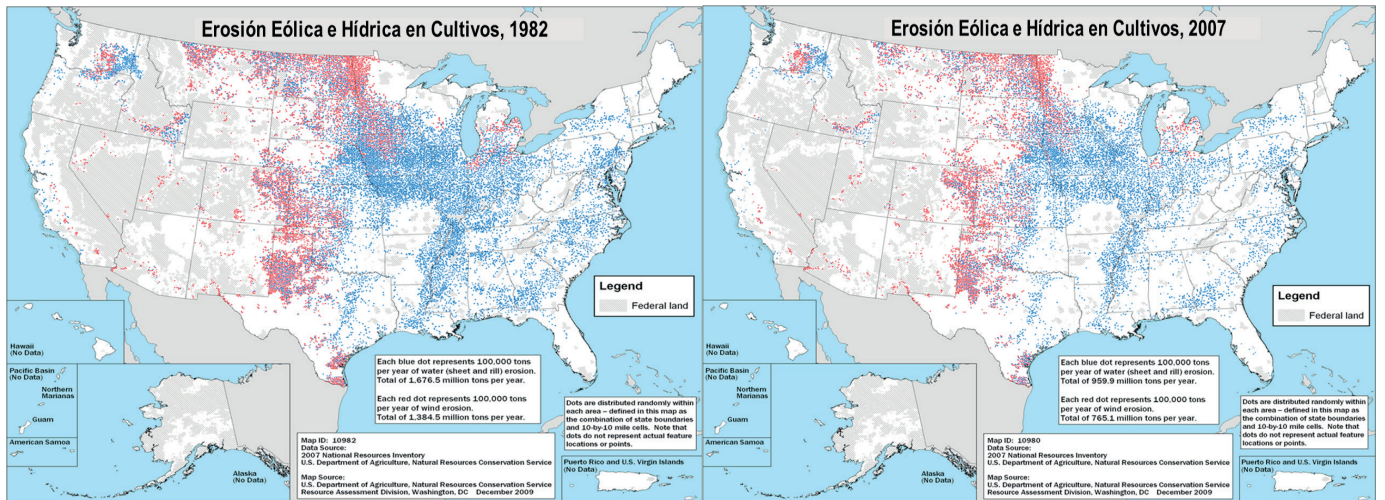


Figura 5 | La erosión eólica (puntos rojo) y la erosión hídrica (puntos azul) se han reducido significativamente debido a la implementación de mejores prácticas y de programas de incentivos en el sureste de los Estados Unidos (NRCS, 2010).

Otro programa de incentivos es la Iniciativa Nacional de Calidad del Agua (*National Water Quality Initiative, NWQI*), el cual ya se ha descrito con anterioridad (Figura 6). El NRCS trabaja con productores y propietarios para mejorar la calidad del agua y mantener la productividad agrícola (USDA, 2017d). Al ayudar a mejorar la salud del suelo mediante la reducción de los sedimentos, las prácticas agrícolas pueden ser más productivas y rentables. Además, el ecosistema y la calidad del agua mejoran al disminuir el aporte de nutrientes y sedimentos hacia humedales y vías fluviales.

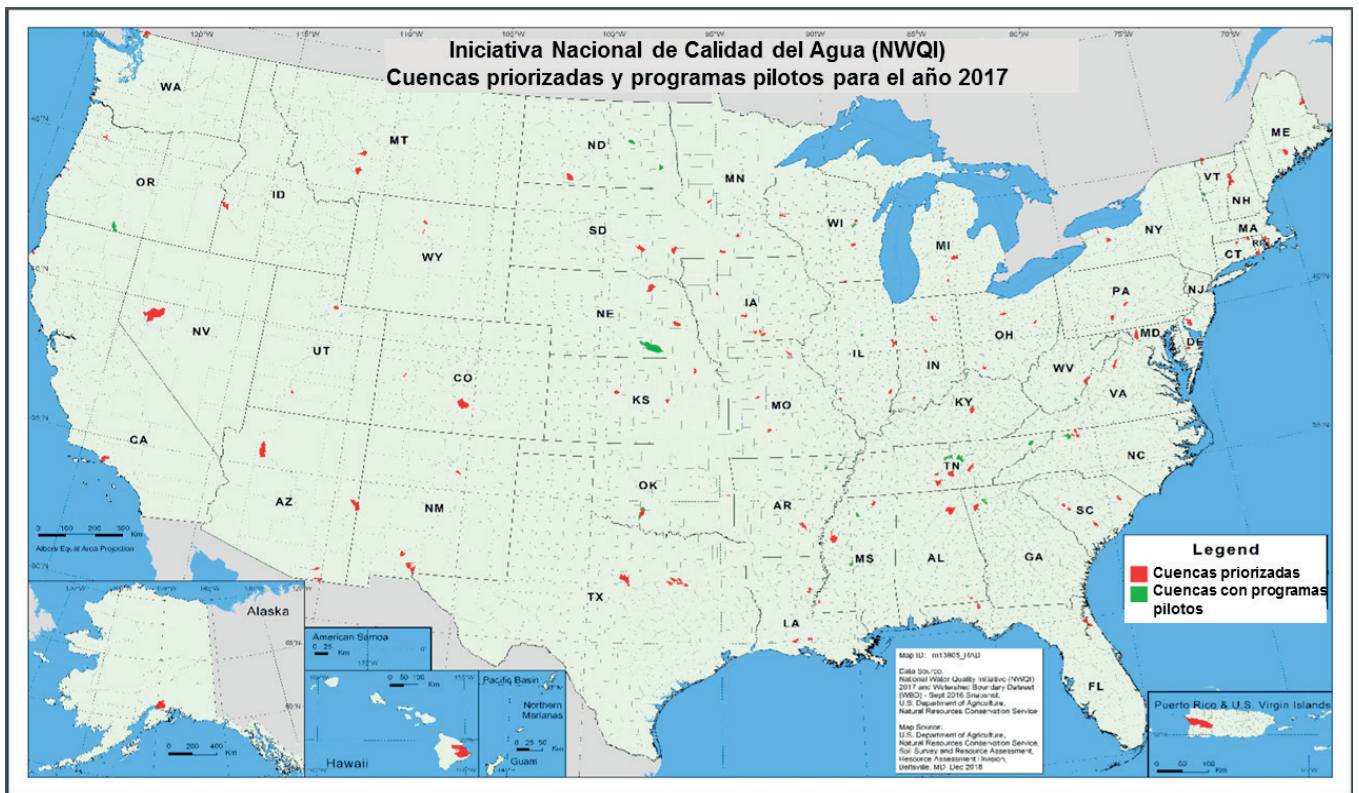


Figura 6 | Cuencas y proyectos pilotos de la Iniciativa de Calidad del Agua NWQI (NRCS, 2017d).

Adicionalmente, el NRCS elaboró un Sistema de Directivas Electrónicas (eDirectives), que está disponible en línea y contiene políticas escritas, manuales y guías para ayudar a los usuarios a desarrollar planes de gestión específicos para cada sitio, enfocados en el control de los sedimentos (USDA, 2017e).

Agencia de Protección Ambiental

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) fue creada en 1970 para supervisar y hacer cumplir la protección del medio ambiente. Poco después de la creación de la agencia, la Ley Federal de Control de la Contaminación del Agua de 1948 fue enmendada en 1972 para establecer estándares de calidad del agua, implementar estándares de control de contaminación y regular el vertido en aguas, a menos que sea permitido (EPA, 2017a).

La EPA desarrolla e interpreta las políticas, orientación y criterios de la Ley de Agua Limpia (CWA), antes mencionada. La Sección 402 (p) de la CWA exige que los “vertidos asociados con la actividad industrial” obtengan un permiso del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES) (EPA, 2009). La mayoría de los vertidos están cubiertos bajo permisos generales, y los estados están autorizados a emitirlos también. Los permisos individuales pueden ser emitidos para algunas preocupaciones específicas del sitio o específicas de la industria. Todos los permisos son necesarios para desarrollar un plan de prevención de contaminación de aguas pluviales (*Stormwater Pollution Prevention Plan*, SWPPP), además de cumplir con las disposiciones especiales y presentar una notificación de intención (NOI) o solicitud de permiso a la autoridad correspondiente (EPA, 2009).

Según lo autorizado por la Sección 303 (c) de la CWA, las Normas de Calidad del Agua Superficial (SWQS) son reguladas por la EPA, así como por las agencias ambientales estatales. El WQS proporciona líneas de base para promover la vida acuática y la vida silvestre, el uso recreativo y el agua potable en el agua superficial (EPA, 2014). Otros programas de CWA, tales como el total de cargas diarias máximas (TMDL), permisos de Sección 404 y permisos de NPDES, dependen de la SWQS (EPA, 2014). La contaminación por sedimentos en aguas superficiales está regulada por la SWQS para asegurar que las fuentes de contaminación sean controladas y los sedimentos contaminados y los sedimentos en exceso en los ecosistemas acuáticos sean limitados.

El Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (*National Pollutant Discharge Elimination System*, NPDES), creado en 1972 como parte de la CWA, regula el vertido de aguas pluviales desde posibles fuentes contaminantes, incluidas las de construcción e industriales (EPA, 2017b). Actualmente, 46 estados y un territorio están autorizados para implementar el programa de permisos de NPDES, mientras que la EPA ha permitido la autoridad en dos estados y en la mayoría de las reservas indígenas. Un permiso NPDES permite a una instalación descargar una cantidad específica de contaminantes en un cuerpo de agua, pero la instalación no puede exceder la cantidad especificada en el permiso. Para sitios de construcción de más de 0.4 ha, las aguas pluviales que fluyen desde el lugar pueden recoger sedimentos, escombros y químicos y pueden contaminar ríos, lagos o aguas costeras (EPA, 2017b). Para reducir la cantidad de sedimentos y contaminantes que pueden fluir desde construcciones, deben implementarse las mejores prácticas de gestión (BMPs), junto con un SWPPP que identifique todas las fuentes potenciales de contaminación, control de la erosión y descarga de sedimentos, y que cumpla con el CWA. Para la construcción y otras actividades industriales, la EPA y los tomadores de decisiones estatales pueden adoptar enfoques caso por caso con respecto a permisos generales de construcción bajo las provisiones de la CWA y las leyes estatales (EPA, 2009).

Como complemento de lo anterior, las Normas Nacionales de Calidad del Aire (*National Ambient Air Quality Standards*, NAAQS) están diseñadas para limitar las emisiones de sedimentos por causa de actividades agrícolas e industriales en y cerca de áreas urbanas con mala calidad del aire. Los sedimentos desprendidos y transportados por el viento pueden encontrarse en forma de suspensión en el aire y causar problemas ambientales y de salud. Las partículas de sedimento representan una porción significativa del MP10 en suspensión, como ya se ha mencionado con anterioridad.

Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos

El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE) es la principal agencia federal de control de inundaciones y mantiene un riguroso programa de investigación y desarrollo para apoyar los recursos hídricos y las actividades de construcción

(USACE, 2017). La USACE regula las “vías navegables” bajo la Sección 10 de la Ley de Aguas y puertos de 1899 y descarga y llenado de material en las aguas de los Estados Unidos, incluyendo humedales bajo la Sección 404 del CWA (USACE, 2017).

Conjuntamente con la EPA, el USACE desarrolla políticas y orientaciones y hace cumplir las disposiciones de permisos de Sección 404 y Sección 10. El programa de permisos de la Sección 404 promueve mejores prácticas de gestión para reducir la erosión y acumulación de sedimentos en vías navegables, incluyendo además las actividades de construcción tales como diques, presas, carreteras y minería, debiendo todas obtener un permiso antes de alterar e impactar vías fluviales.

Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos y el Servicio Nacional de Pesca Marítima

El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (*U.S. Fish and Wildlife Service*, USFWS) y el Servicio Nacional de Pesca Marítima (*National Marine Fisheries Service*, NMFS) se encargan de evaluar los impactos de los sedimentos en peces y vida silvestre, en todo nuevo proyecto federal o cualquier proyecto permitido, incluyendo aquellos relacionados con la Sección 404 (USFWS, 2015). Como parte de la Sección 404 del CWA, el USFWS y el NMFS desempeñan importantes funciones consultivas para evaluar posibles efectos adversos que incluyen directamente los recursos de humedales y vida silvestre, realizar visitas a sitios para evaluar la funcionalidad biológica y la calidad del hábitat, y minimizar los posibles impactos de los sedimentos en humedales, asegurando que las especies protegidas federalmente estén fuera de peligro (USFWS, 2015).

Oficina de Administración de Tierras de los Estados Unidos

La Oficina de Administración de Tierras de los Estados Unidos (*U.S. Bureau of Land Management*, BLM) administra más de 101 millones de hectáreas de terrenos públicos para mantener su diversidad y productividad (Voigt *et al.*, 1997). La BLM administra la recreación al aire libre, el pastoreo de ganado, la extracción de minerales, la producción de energía, entre otros usos de la tierra. Su principal objetivo de conservación es el suelo, el agua y el aire. En particular, la BLM cuantifica, estudia y gestiona la sedimentación en zonas ribereñas, la restauración de minas abandonadas y el control de la salinidad a través del uso de mejores prácticas.

El BLM estableció un Equipo Nacional de Servicios Ribereños (*National Riparian Service Team*, NRST) que se enfoca en la capacitación y consultorías para restaurar las condiciones de funcionamiento apropiado de zonas ribereñas. Se centran en los impactos de la sedimentación y la erosión a causa del pastoreo, la construcción de carreteras, las condiciones de las tierras altas en cuencas y el fuego, entre otros factores (Voigt *et al.*, 1997).

Servicio Geológico de los Estados Unidos

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (*U.S. Geological Survey*, USGS) recopila y monitorea datos de caudales, incluyendo datos de sedimentos suspendidos y erosión de suelos. El Sistema Nacional de Información de Agua del USGS (*USGS National Water Information System*, NWIS) proporciona la concentración de sedimentos suspendidos (periódicamente recolectada), localizados en los puntos de monitorización de caudal del USGS. También se proporciona información sobre propiedades del suelo, área de drenaje, ecorregión y uso del suelo para entender las características del sitio (USGS, 2017a).

Servicio Forestal de los Estados Unidos

Los incendios forestales pueden tener implicaciones significativas en la calidad del agua, la escorrentía y la erosión en cuencas forestadas (García-Chevesich, 2015). La erosión del suelo debida a incendios forestales ha aumentado debido a décadas de extinción de incendios, cambio climático y cambios en el uso de la tierra. Las tasas de erosión post-incendio pueden degradar gravemente la calidad de la tierra y el agua, representando un problema serio para quienes administran la tierra y los recursos hídricos (Elliot *et al.*, 2016).

El Programa de Inventario y Análisis Forestal (*Forest Inventory and Analysis Program*, FIA), desarrollado en 2001, implementó un programa nacional de monitorización de suelos que analiza la calidad del suelo en todas las áreas forestales de los

Estados Unidos (USDA, 2007). Es el único esfuerzo nacional para monitorizar la calidad del suelo forestal y provee una línea de base para el estado actual del recurso suelo y cómo la perturbación afecta la salud y productividad de los bosques (USDA, 2007). Mediante la recolección de parcelas de campo y análisis de laboratorio, es posible monitorizar la erosión del suelo, su compactación y composición química.

Servicio de Parques Nacionales del Departamento de Interior de los Estados Unidos

El Servicio de Parques Nacionales del Departamento de Interior de los Estados Unidos (*U.S. Department of Interior's National Park Service*, NPS) provee importantes inventarios de suelos, mapas y gestión del recurso suelo de parques nacionales reconocidos federalmente. La conservación del suelo es una parte integral de una gestión efectiva para asegurar que los parques permanezcan en condiciones prístinas para que la gente los visite. Un inventario sistemático de suelos y un programa de mapeo es compatible con la Ley de Política Ambiental Nacional (*National Environmental Policy Act*, NEPA) y la Ley de Preservación Histórica Nacional (*National Historic Preservation Act*, NHPA) y se basa en métodos y técnicas estándar de la Cooperativa Nacional de Inventarios de Suelos (*National Cooperative Soil Survey*, NCSS), las que se describen en un memorándum que gobierna los suelos en tierras del NPS (NPS, 2004). Los inventarios proporcionan datos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos, necesarias para manejar y proteger el suelo, el agua, la vegetación y la vida silvestre, y predecir la erosión, la producción de sedimentos, la contaminación aguas abajo y la degradación de la tierra (NPS, 2004).

La compactación del suelo y la erosión son problemáticas dentro de los parques debido a las perturbaciones humanas causadas por las actividades de recreación al aire libre (senderismo, escalada en roca, vehículos todo terreno, etc.) y la construcción de instalaciones e infraestructura del parque (alcantarillado, puentes, carreteras y senderos). Para preservar el ambiente natural, la erosión del suelo en los parques se mantiene a niveles casi naturales para reducir la degradación del medio ambiente y los niveles de sedimentación en las aguas superficiales (NPS, 2004). En general, las actividades humanas no deben incrementar la erosión más allá del umbral de erosión natural. Dicho umbral es la tasa de erosión máxima aceptable (en toneladas/acre/año) para un sitio específico que no afecta negativamente a la productividad del suelo ni excede la tasa de formación del suelo.

AGENCIAS ESTATALES, DE CONDADOS Y LOCALES

Además de las agencias federales, las agencias estatales, de condados (*counties*) y locales también monitorean las tasas de emisión de sedimentos y aseguran el cumplimiento de las leyes federales. Cada agencia estatal de regulación ambiental, en conjunto con los gobiernos locales y de condados, también escriben leyes y regulaciones relacionadas con el control de los sedimentos, las que a menudo son más estrictas que sus contrapartes federales (NRCS, 2008).

Agencias estatales

La EPA se subdivide en 10 oficinas regionales (Figura 7), las que regulan todos los estados, territorios y reservas indígenas de los Estados Unidos (EPA, 2017c). Cada Estado tiene una agencia ambiental principal que ayuda a supervisar y hacer cumplir las regulaciones.

Por ejemplo, SWQS y NAAQS que tienen límites por hora, día y mes para contaminantes a los que deben mantenerse bajo cumplimiento federal, son generalmente más rigurosos que los estándares federales. A partir del 13 de febrero de 2017, algunos centros urbanos importantes, como Phoenix (AZ), Nueva York (NY), Salt Lake City (UT) y áreas aledañas a Los Angeles (CA), tienen moderada a grave la falta de cumplimiento para MP10 (EPA, 2017c). El Departamento Estatal de Calidad Ambiental (*State Department of Environmental Quality*, SDEQ) proporciona diariamente pronósticos del índice de calidad del aire y asistencia para reducir la contaminación por polvo en las operaciones industriales y agrícolas (ADEQ, 2017; NYSDEC, 2017; Utah DEQ, 2017; CalEPA, 2017). Así, todos los estados poseen un Plan Estatal de Implementación (*State Implementation Plan*, SIP) requerido por la EPA para establecer metas con el fin de reducir la contaminación del aire. Por lo general, el riesgo de contaminación por polvo se

basa en factores tales como el tipo de actividad que incrementa el material particulado en la atmósfera, la velocidad del viento y la lluvia. Los MP10 son monitorizados en todo el Estado cada hora (ADEQ, 2017).

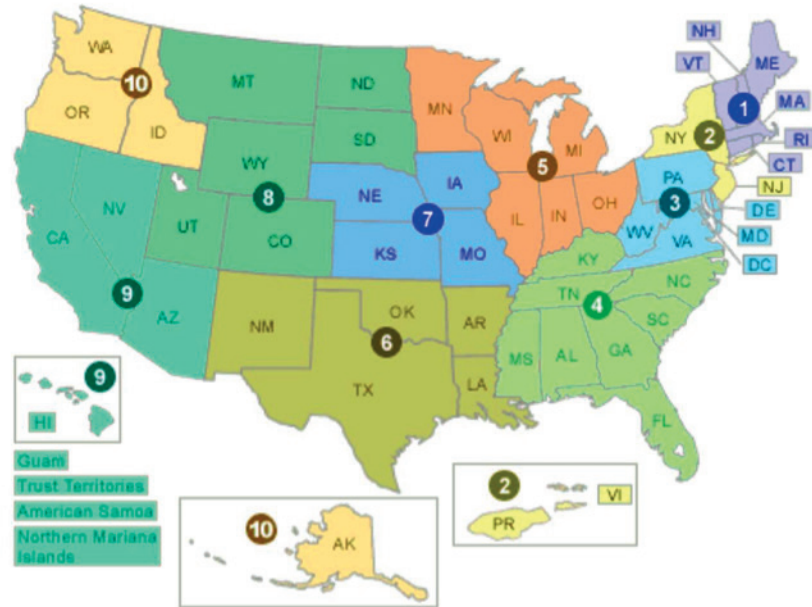


Figura 7 | Distribución administrativa de las 10 oficinas regionales de la EPA, dentro de los Estados Unidos (EPA, 2017c).

Además de las agencias ambientales estatales, otras agencias gubernamentales brindan apoyo adicional para monitorizar la calidad ambiental, brindar apoyo para la aplicación de la normativa ambiental relacionada con los sedimentos y proporcionar investigación para mejorar las leyes y reglamentos. En Texas, por ejemplo, la agencia ambiental que gobierna es la Comisión de Calidad Ambiental de Texas (*Texas Commission on Environmental Quality*, TCEQ); sin embargo, agencias como la Junta de Desarrollo de Agua de Texas (*Texas Water Development Board*, TWDB) otorgan subsidios y préstamos para agua y aguas residuales, recopila datos sobre las bahías y estuarios del Estado, y un repositorio de datos centralizado para los recursos naturales, entre otras cuestiones (TWDB, 2017). Además, dicha agencia publicó el Plan Estatal de Agua 2007 y están a cargo del Programa Nacional de Seguros contra Inundaciones, transferido a TWDB de la TCEQ (TWDB, 2017). Cada Estado tiene agencias similares que proporcionan recursos e información similares, como la Junta de Desarrollo del Agua de Wyoming o la Junta de Conservación de Agua de Colorado.

Agencias de condado y municipales

A diferencia de áreas rurales, en zonas urbanas es más probable que los contaminantes superen los estándares de calidad del aire y del agua, debido a los constantes cambios en el uso de la tierra, el aumento de la superficie impermeable y las poblaciones más densas. Los cambios en el uso de la tierra y las superficies impermeables desempeñan un papel importante en el incremento de la emisión de sedimentos y la degradación de los recursos hídricos superficiales. Las superficies impermeables, tales como techos, calles y estacionamientos, aumentan la escorrentía urbana y la cantidad de sedimentos, nutrientes, hidrocarburos y otros contaminantes (NRCS 2008). Así, muchos condados y municipios han adoptado ordenanzas de control de sedimentos, de acuerdo con las autoridades estatales y federales, para minimizar los daños causados por dicho material particulado. Tales ordenanzas incluyen ordenanzas de construcción, las que deben cumplir con la CWA, mediante el control de la erosión en sitios de construcción. Las estrategias específicas de planificación urbana para abordar el control de sedimentos en sitios de construcción pueden minimizar la contaminación (aire y agua) y preservar los recursos acuáticos (NRCS, 2008).

Las ordenanzas de ciudad o condado a menudo requieren la implementación de un Plan de Control de Erosión (*Storm Water Pollution Prevention Plan*, SWPPP), que es un documento que establece medidas de control de sedimentos tanto temporales como permanentes, usadas durante la etapa de construcción (NRCS, 2008). Los gerentes de construcción deben desarrollar un documento SWPPP específico de cada sitio para ser aplicado durante la construcción y además para las agencias reguladoras responsables de la supervisión. Los objetivos de un SWPPP son identificar fuentes potenciales de contaminación de aguas pluviales, describir métodos para reducir la emisión de sedimentos y mostrar procedimientos para cumplir con un permiso general de construcción. El fracaso en implementar un SWPPP puede resultar en multas significativas de una agencia ambiental estatal o de la EPA, las que pueden alcanzar hasta 10 000 dólares por día. El primer paso en la elaboración de un SWPPP es evaluar el sitio y planificar y formar un equipo de prevención de la contaminación compuesto por personal calificado que ayudará a planificar e implementar prácticas de gestión. Luego, el operador debe seleccionar las mejores prácticas (BMP) de control de sedimentos que sean aplicables y apropiadas al sitio específico, para así minimizar la descarga. Cada estrategia de diseño tiene sus ventajas y limitaciones y la creación de un plan específico del sitio requiere identificar áreas susceptibles a la erosión y comprender el clima, el tipo de suelo local, la topografía y el paisaje natural, que dictaminan la cantidad de erosión que puede ocurrir. Por último, se requiere además limpieza y mantenimiento de las BMPs y almacenamiento de registros (EPA, 2009).

La erosión puede evitarse al reducir el desprendimiento de las partículas de suelo, mediante la instalación de cubiertas protectoras (NRCS, 2008; Garcia-Chevesich, 2015). El control de sedimentos ya desprendidos, por otro lado, se basa en la captación de partículas de suelo aguas abajo. Al disminuir la velocidad del viento o la velocidad del flujo hídrico, según corresponda, el sedimento puede depositarse (sedimentación). Sin embargo, esto es más caro que el control de la erosión en el punto de origen de las partículas y debería ser un objetivo de diseño secundario (NRCS, 2008).

Un ejemplo de control de la erosión y los sedimentos implementado en la ciudad de Lone Tree (CO), es el Programa de Control de Asbestos, Erosión y Sedimentos (*Grading, Erosion and Sediment Control*, GESC), que se aplica a nuevos proyectos de urbanización y remodelación (City of Lone Tree, 2017). El Programa GESC y el Programa de Control de Erosión y Sedimentación del Drenaje (*Drainage Erosion and Sediment Control Program*) permiten la construcción y proyectos que alteren la tierra, siempre que implementen BMPs de control de erosión y sedimentos. El programa está autorizado por el Código de Zonificación de la Ciudad y sigue el Programa del GESC del Condado de Douglas, ordenado por el Gobierno Federal y el Estado de Colorado (Ciudad de Lone Tree, 2017).

La gestión de aguas residuales es extremadamente importante para manejar y remediar la contaminación y los contaminantes. El ya mencionado programa NPDES de la EPA regula la contaminación de los municipios y plantas de tratamiento de aguas residuales industriales y sistemas de alcantarillado y aguas pluviales (EPA, 2017b). Las divisiones de tratamiento de aguas residuales de varias ciudades y divisiones de residuos peligrosos, tienen planes de gestión de sedimentos desarrollados para remediar la contaminación de éstos. Entre los contaminantes más comunes se incluyen bacterias, metales pesados y bifenilos policlorados (PCB), y su extracción puede ser muy costosa. Los sedimentos que están contaminados pueden ser dragados o cubiertos, y requieren eliminación y/o tratamiento si se eliminan. Con el tiempo, los embalses de abastecimiento de agua municipales e industriales y los cursos de agua, pueden contaminarse y perder capacidad de almacenamiento debido a la sedimentación. Los sedimentos contaminados pueden ser tratados en el sitio o removidos y transportados a un vertedero autorizado para recolectar material contaminado.

Existen además incentivos para el control de la erosión en la construcción de edificios. Los sistemas de certificación de edificios, como el Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos (*U.S. Green Building Council*, GBC), que regula las certificaciones LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), requieren edificios certificados por LEED para incorporar BMPs, con el fin de reducir y controlar la erosión y sedimentación durante la etapa de construcción (GBC, 2017). Los edificios certificados LEED deben cumplir con los planes de SWPPP de la EPA para cumplir con los estándares de certificación.

CONCLUSIONES

La erosión y los sedimentos tienen implicancias económicas y ambientales (pérdida de la productividad de la tierra, contaminación de sistemas fluviales y del aire), las cuales se encuentran bien documentadas. El control de los sedimentos en

los Estados Unidos se realiza bajo múltiples niveles administrativos, dentro de una variedad de agencias federales, estatales y locales. Las prácticas de gestión adoptadas por cada una de estas agencias implican un complejo conjunto de leyes, reglamentos y procedimientos institucionalizados. La implementación exitosa de los esfuerzos de mitigación de la erosión a menudo involucra la gestión colaborativa y la toma de decisiones que están en sintonía con la autoridad reguladora específica de cada una de estas agencias. Para monitorizar y reducir significativamente las tasas de erosión y la producción de sedimentos, es esencial un esfuerzo colaborativo que involucre a múltiples agencias federales, estatales y locales, industrias y organizaciones no gubernamentales.

El ejemplo de los Estados Unidos en torno a la gestión de sedimentos en todos sus niveles, es una línea que puede servir de referencia al resto de los países de Iberoamérica, donde la normativa se encuentra en niveles poco desarrollados con las consecuentes implicaciones ambientales, económicas y sociales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de las agencias federales y estatales norteamericanas que colaboraron en la elaboración de este artículo.

REFERENCIAS

- Arizona Department of Environmental Quality. 2017. Air Quality Forecast. Recuperado de <http://www.azdeq.gov/programs/air-quality-programs/air-forecasting>. Fecha de acceso 8 Mayo, 2017.
- California Environmental Protection Agency. 2017. Air Quality Resources Board. Recuperado de <https://www.arb.ca.gov/>. Fecha de acceso 8 Mayo, 2017.
- City of Lone Tree. 2015. *Grading, erosion and control fact sheet*. Public Works Department.
- Elliot, W.J., Miller, M.E., Enstice, N. 2016. Targeting forest management through fire and erosion modelling. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 876-887. <https://doi.org/10.1071/WF15007>
- Farm Policy Facts. 2017. A Short History and Summary of the Farm Bill. Recuperado de <https://www.farmpolicyfacts.org/farm-policy-history/>. Fecha de acceso 23 Marzo, 2017.
- Fryirs, K. 2013. (Dis)connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38, 30-46. <https://doi.org/10.1002/esp.3242>
- García-Chevesich, P. 2015. *Control de la erosión y recuperación de suelos degradados*. Outskirts Press. Denver, CO. 486 p.
- García-Chevesich, P., Alvarado, S., Neary, D., Valdes, R., Valdes, J., Aguirre, J., Mena, M., Pizarro, R., Jofré, P., Vera, M., Olivares, C. 2014. Respiratory disease and particulate air pollution in Santiago Chile: Contribution of erosion particles from fine sediments. *Journal of Environmental Pollution*, 187(April), 202-205. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.028>
- García-Chevesich, P., Etra, J. 2012. Using vegetation to stabilize slopes. *Environmental Connection*, 6(1), 28-29.
- García-Ruiz, J.M., Beguería, S., Nadal-Romero, E., Gonzáles-Hidalgo, J.C., Lana-Renault, N., Sanjuán, Y. 2015. A meta-analysis of soil erosion rates across the world. *Geomorphology*, 239, 160-173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.008>
- Illinois Natural Resource Conservation Service. Electronic Field Office Technical Guide. (eFOTG). USDA-NRCS. Recuperado de <http://www.nrcs.usda.gov/technical/efotg/>.
- Minnesota Pollution Control Agency. 2013. Spicer State Highway 23 - stormwater management for linear projects. Recuperado de https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Spicer_State_Highway_23_-_stormwater_management_for_linear_projects. Fecha de acceso 30 Abril, 2017.

- Mitas, L., Mitasova, H. 1998. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention. *Water Resource Research*, 34(3), 505-516. <https://doi.org/10.1029/97WR03347>
- New York State Department of Environmental Conservation. 2017. Air. Recuperado de <http://www.dec.ny.gov/chemical/281.html>. Fecha de acceso 8 Mayo, 2017.
- Renwick, W.H., Smith, S.V., Bartley, J.D., Buddemeier, R.W. 2005. The role of impoundments in the sediment budget of the conterminous United States. *Geomorphology*, 71, 99-111. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.01.010>
- U.S. Army Corps of Engineers. 2013. Grass GIS turns 30 - ERDC's CERL was there at the start. Recuperado de <http://www.erd.usace.army.mil/Media/News-Stories/Article/476565/grass-gis-turns-30-erdc-cerl-was-there-at-the-start/>. Fecha de acceso 30 Abril, 2017.
- U.S. Army Corps of Engineers. 2017. "Introduction." A brief history. Recuperado de <http://www.usace.army.mil/About/History/Brief-History-of-the-Corps/Introduction/>. Fecha de acceso 30 Abril, 2017.
- U.S. Department of Agriculture. 2007. Construction site soil erosion and sediment control fact sheet. Natural Resource Conservation Service. October, Illinois.
- U.S. Department of Agriculture. 2007. Soil Quality. Forest Service. Recuperado de <https://www.nrs.fs.fed.us/fia/topics/soils/>. Fecha de acceso 23 Abril, 2017.
- U.S. Department of Agriculture. 2008. Urban Soil Erosion and Sediment Control. Conservation practices for protecting and enhancing soil water resources in growing and changing communities. Association of Illinois Soil and Water Conservation Districts. Natural Resource Conservation Service. p1-16.
- U.S. Department of Agriculture. 2010. 2007 National Resource Inventory: Soil Erosion on Cropland. Natural Resource Conservation Service. Inventory and Assessment Division, Washington DC. 1-27.
- U.S. Department of Agriculture. 2017a. Research. Natural Resource Conservation Service. October, Illinois. Recuperado de <https://www.ars.usda.gov/midwest-area/west-lafayette-in/national-soil-erosion-research/docs/wepp/research/>. Fecha de acceso 21 Abril, 2017.
- U.S. Department of Agriculture. 2017b. Natural Resource Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home/>. Fecha de acceso 21 Marzo, 2017.
- U.S. Department of Agriculture. 2017c. Incentive Programs and Assistance for Producers. Natural Resource Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/climatechange/resources/?cid=stelprdb1043608>. Fecha de acceso 23 Marzo, 2017.
- U.S. Department of Agriculture. 2017d. National Water Quality Initiative. Natural Resource Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/water/?cid=stelprdb1047761>. Fecha de acceso 30 Abril, 2017.
- U.S. Department of Agriculture. 2017e. eDirective. Electronic Directives. Natural Resource Conservation Service. Recuperado de <https://directives.sc.egov.usda.gov/Default.aspx>. Fecha de acceso 23 Abril, 2017.
- U.S. Department of the Interior. 2004. Soil Resources Management. National Park Service. Recuperado de <https://www.nature.nps.gov/rm77/soils/programguide.cfm>. Fecha de acceso 23 Marzo, 2017.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1998. The quality of our nation's waters, a summary of the National Water Quality Inventory: 1998 Report to Congress. EPA841-F-96-004G.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2009. Developing your stormwater pollution prevention plan. A guide for industrial operators. EPA 833-B-09-002. 1-42.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2014. Water quality standards handbook. Office of Water. 820-B-14-008.

- U.S. Environmental Protection Agency. 2017a. History of the Clean Water Act. Recuperado de <https://www.epa.gov/laws-regulations/history-clean-water-act>. Fecha de acceso 21 Marzo, 2017.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2017b. National Pollutant Discharge Elimination System. Recuperado de <https://www.epa.gov/npdes>. Fecha de acceso 21 Marzo, 2017.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2017c. PM-10 (1987) Nonattainment Area State/Area/County Report. Recuperado de <https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/pncs.html#AZ>. Fecha de acceso 30 Abril, 2017.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2018. Watershed Assessment, Tracking & Environmental Results System. Recuperado de <https://www.epa.gov/waterdata/waters-watershed-assessment-tracking-environmental-results-system>.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 2015. Section 404 Permits. Charleston Ecological Services. Recuperado de <https://www.fws.gov/charleston/404Permits.html>. Fecha de acceso 23 Abril, 2017.
- U.S. Geological Survey. 2017a. Sediment Data Portal Guide. Recuperado de <https://cida.usgs.gov/sediment/helpGuide.jsp>. Fecha de acceso 23 Marzo, 2017.
- U.S. Geological Survey. 2017b. Sediment and Suspended Sediment. The effects of urbanization on water quality: Erosion and sedimentation. The USGS Water Science School. Recuperado de <https://water.usgs.gov/edu/sediment.html>. Fecha de acceso 23 Marzo, 2017.
- U.S. Geological Survey. 2017c. USGS Sediment Data Portal. Recuperado de <https://cida.usgs.gov/sediment/>. Fecha de acceso 7 Mayo 2017.
- U.S. Green Building Council. 2017. Erosion and sediment control. LEED O+M: Existing Buildings. LEED 2.0. Recuperado de <http://www.usgbc.org/credits/existing-buildings/v20/ssp1>. Fecha de acceso 30 Abril, 2017.
- Utah Department of Environmental Quality. 2017. Utah Division of Air Quality. Recuperado de <https://deq.utah.gov/Divisions/daq/index.htm?id=14>. Fecha de acceso 8 May 2017.
- Voigt, C., Bozorth, T., Carey, B., Janes, E., Leonard, S. 1997. Sediment related issues and the public lands - Expanding sediment research capabilities in today's USGS - A bureau of land management overview. Proceedings of the U.S. Geological Survey (USGS) Sediment Workshop, February 4-7, 1997.
- Wolman, M.G. 1967. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. *Geografiska Annaler*, 49A, 385-395. <https://doi.org/10.1080/04353676.1967.11879766>
- Wood, M.S., Teasdale, G.N. 2013, Use of surrogate technologies to estimate suspended sediment in the Clearwater River, Idaho, and Snake River, Washington, 2008–10: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2013-5052, 30 p.