

Una nueva cosecha: Plantando las semillas para la enmienda de los suelos, la obtención de energía renovable y la recuperación de recursos

DeAndra Beck

Servicio Exterior Agrícola del USDA.

Para obtener información adicional, comunicarse con: [DeAndra Beck](#) sobre la investigación internacional conjunta ; [Rufus L. Chaney](#) sobre fitoenmienda; [Sally Brown](#); [Chuck Henry](#); o [Harry Compton](#) sobre las enmiendas in situ.

Durante siglos, los metales fueron explotados en lugares muy por debajo de la superficie terrestre. El oro, la plata, el cadmio, zinc, cobre, níquel, uranio, titanio y manganeso, son sólo algunos de los 30 minerales y metales más importantes que se producen en más de 7.000 compañías mineras y refinadoras en el mundo entero. En 1975, según fuentes de la industria, solamente en zinc se han producido 7,2 millones de toneladas métricas en sesenta y siete fundiciones de treinta países. Los informes de las Naciones Unidas indican que en 1996 los gastos en la exploración de minerales se acercaron a los US\$ 3.500 millones, mientras que dos años antes la cifra rondaba los 1.400 millones, cerca de un tercio de los cuales se calcula que se invirtieron en América Latina y el Caribe. Con estos niveles de inversión, es probable que la industria minera continúe expandiéndose considerablemente en ambas regiones.

De la mano con el mejoramiento en fundición a través de los años, se ha progresado en la recuperación de metales y en el compromiso de la industria con la administración del ambiente. Sin embargo, persiste un legado de degradación y amenazas a la ecología. Décadas de ineficiente recuperación de minerales han creado desperdicios de minerales, cerros de escorias y desechos con niveles de metal tan altos que el suelo es incapaz de soportar la vegetación. Los derrames de desperdicios de las minas han contaminado arroyos, lagos y ríos en casi todos los continentes de la tierra, y los riesgos sobre la salud humana y la diversidad biológica, son considerables. Por ejemplo, la enfermedad conocida como itai-itai (disfunción del tubo proximal del riñón) que sufren los cultivadores de arroz del Japón y China surge en aquellos lugares donde los desperdicios de las minas de zinc se mezclan con los arrozales junto con el agua de riego.

Desde los años setenta, se han desarrollado nuevas tecnologías para mitigar el riesgo de contaminación con metales o para enmendar las aguas y suelos contaminados. No obstante, muchas de estas tecnologías son costosas, exigen largos períodos de desarrollo e investigación y su eficacia es moderada. Por ello, existen esfuerzos permanentes para desarrollar alternativas nuevas y mejoradas que sustituyan a las actuales estrategias de enmienda de suelos y aguas. El Dr. Rufus Chaney, destacado científico del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), ha dirigido en el área técnica a un equipo internacional y multidisciplinario de científicos que desarrollaron una estrategia integrada de enmienda para limpiar los suelos contaminados con metales pesados. Esta nueva estrategia de enmienda está basada en prácticas agronómicas, es rápida y eficiente. Lo que es más, bajo ciertas condiciones, este tipo de enmienda puede generar un flujo de ingresos como resultado de la concomitante producción de energía y la recuperación de metales residuales que se extraen de los lugares sometidos a enmienda.

A principios de los años noventa, el equipo científico del Dr. Chaney comenzó a probar una nueva estrategia para enmendar suelos contaminados con zinc y cadmio en un lugar de limpieza del Superfund de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), en Palmerton, Pennsylvania. El equipo desarrolló un procedimiento por el cual las aguas residuales de las alcantarillas con altos niveles de hierro y cal se mezclan con los suelos contaminados. El aumento en el pH, como resultado de la adición de cal, hizo que el metal del

suelo se ligara tan fuertemente al hierro hidratado y a los óxidos de manganeso así como a la materia orgánica en el agua de alcantarilla y en el suelo, que ya no estuvo disponible su absorción por el sistema radicular de las plantas. La reducida "fitodisponibilidad" permitió la siembra de vegetación en los suelos contaminados, reduciéndose considerablemente el potencial de percolación y erosión eólica provocada por el polvo contaminado con metal. Esta técnica funcionó bien en suelos que debían ser estabilizados rápidamente para prevenir serios daños a la salud y al ambiente. Como un beneficio adicional, la utilización de aguas negras para enmendar suelos provee un medio valioso y amigable con el ambiente para disponer de un subproducto previamente problemático.

La Dra. Sally Brown y el Dr. Chuck Henry de la Universidad de Washington, así como el Sr. Henry Compton de la Agencia de Protección Ambiental, reprodujeron esta estrategia de enmienda en un lugar de Bunker Hill, Idaho. Como lo muestra la foto adjunta, los resultados fueron sorprendentes, ya que la vegetación prosperó en los sitios sometidos a enmienda. Además, la permanente colaboración del Dr. Chaney con científicos polacos, ha proporcionado una excelente oportunidad de probar, en condiciones reales, esta eficaz estrategia en suelos altamente contaminados de la Alta Silesia. Esta colaboración científica internacional suministró información invaluable sobre la selección de plantas, la eficacia de la estrategia en lugares con contaminación compleja y sobre los efectos en la salud de los animales que pastorean en lugares resembrados.

Actualmente, el Dr. Chaney encabeza un estudio para evaluar unas plantas llamadas "hiperacumuladoras" de metal, que absorben grandes cantidades de metal de los suelos. En estas investigaciones se encontró una especie de planta conocida como Carraspique alpino (Alpine pennycress) o *Thlaspi caerulescens*, que acumula hasta 30.000 partes por millón (ppm) de zinc y hasta 6.000 ppm de cadmio en sus hojas, sin reducir el rendimiento de la planta. Esta tasa de acumulación es sorprendente si se toma en cuenta que la mayoría de las plantas experimentan toxicidad por zinc para cuando acumulan 500 ppm. La hierba Carraspique es una especie que se encuentra en muchos suelos ricos en zinc y níquel alrededor del mundo. Es interesante mencionar que muchos buscadores de minerales buscaban sitios con esta hierba como una indicación de la presencia de vetas minerales. Se puede encontrar Carraspique en forma silvestre en las Montañas Rocallosas de los Estados Unidos, así como en muchas regiones del centro y oeste de Europa.

El potencial del uso del Carraspique para extraer metales o para "fitoenmendar" suelos contaminados se hizo obvio para el Dr. Chaney en 1980, pero su equipo científico determinó que esta especie afrontaba dos obstáculos para su uso, a saber: el tamaño de la planta y su eficiencia de absorción de metales. Las primeras variedades de Carraspique analizadas por el Dr. Chaney y sus colegas eran pequeñas y de lento crecimiento, lo que representaba un desafío para su cosecha por medios mecánicos; además, el ratio de extracción de metal era muy baja. En un lugar con 2.000 kg por hectárea de zinc y 20 a 30 kg por hectárea de cadmio, estas variedades necesitarían cerca de 16 años para extraer el zinc y el cadmio del suelo.

En consecuencia el equipo del Dr. Chaney empezó a buscar genotipos diferentes o cepas locales de Carraspique que fueran más grandes y más eficientes en la acumulación de metales, de modo que pudieran ser convertidas en cultivares mejorados. Esta búsqueda condujo al equipo de Chaney a una activa colaboración con científicos de Europa central y occidental. Como resultado de esta cooperación, el Dr. Chaney y sus colegas han analizado bastantes variedades de Carraspique con el potencial de absorber 500 kg por hectárea y de 30 a 50 kg por hectárea de cadmio cada año, capacidad mucho mayor que los 3 a 6 kg de cadmio que podían extraer las primeras variedades en 1991. Los ensayos permanentes que se realizan en Palmerton, Pennsylvania usando prácticas agronómicas y de manejo del suelo para optimizar la extracción anual de metales, han demostrado la utilidad y eficacia del uso de plantas hiperacumuladoras para fitoenmendar suelos contaminados con metales. Lo que antes requeriría 16 años para enmendar el suelo con el uso de las variedades originales de Carraspique, actualmente sólo requiere 4 años con las variedades mejoradas. De esta forma, el cadmio puede ser extraído rápidamente para paliar el riesgo para los seres humanos que cultivan arroz y tabaco en suelos contaminados. Además, algunas de estas variedades de *Thlaspi* son más altas que las variedades originales, favoreciendo las posibilidades de cosecharlas mecánicamente.

El equipo técnico también analizó el valor de los metales acumulados en la biomasa como beneficio económico de la fitoextracción. Si el metal contaminante tiene suficiente valor monetario, se pueden descontaminar los suelos a un costo más bajo, o bien, el mercado puede proporcionar el incentivo económico para descontaminar los suelos. El mejor método encontrado hasta el momento se basa en el uso de la biomasa cosechada del Carraspique para producir energía. Las fuentes de biomasa actualmente usadas en numerosas instalaciones en todo el mundo son los árboles y subproductos de la madera, los productos agrícolas (como el etanol del maíz), el estiércol, gas de los rellenos de basura y los desechos sólidos municipales. En los últimos dos decenios, la energía proveniente de la biomasa se ha convertido en la segunda fuente renovable de electricidad, después de la energía hidroeléctrica. Tal como ocurre con la energía hidroeléctrica las instalaciones de biomasa pueden proporcionar electricidad a las compañías de servicios públicos, que operan dondequiera que se necesita electricidad. Si se cultiva y cosecha apropiadamente, la biomasa es una fuente renovable que puede usarse para generar electricidad cuando se necesite, sin que se produzca una contribución neta al dióxido de carbono mundial.

El potencial de uso del Carraspique acumulador de metales como fuente de biomasa es importante como enmienda y como generador de ingresos, ya que las compañías pagarían por la biomasa, subsidiando, por ende, las actividades de enmienda de los suelos. Por lo tanto, el siguiente paso en el proceso fue determinar la factibilidad de recobrar los metales contenidos en las cenizas de Carraspique incinerado. Una serie de experimentos verificaron que los metales pueden ser recobrados mediante tecnologías convencionales como la extracción ácida y la "recuperación eléctrica", dado que la composición química de la ceniza es simple.

Por lo que antecede, se estaba comenzando a conformar una buena estrategia. Se podría sembrar plantas hiperacumuladoras en un campo sin vegetación y con desechos mineros y cerros de escorias, aplicando cantidades mínimas de fertilizantes para extraer metales pesados de los suelos contaminados, a medida que las plantas crezcan. Después de cosecharlas, estas plantas llenas de metales podrían venderse a las compañías de energía eléctrica como fuente de biomasa para generar energía, la que a su vez podría venderse con una ganancia. Las cenizas resultantes de la incineración también se podrían vender a una fundición para recobrar el metal, y nuevamente, crear un flujo de ingresos. Los beneficios derivados de esta estrategia de fitoenmienda abarcan los sectores del ambiente, la salud, industria y energía. Pruebas científicas han confirmado la validez de esta estrategia y se han emprendido gestiones para obtener financiamiento para los crecientes esfuerzos en marcha en varios países.

Se ha llevado a cabo un análisis económico preliminar para determinar la relación costo-beneficio de la estrategia de fitoenmienda. Basándose en los costos de la mano de obra y de producción de los Estados Unidos, solamente los ingresos generados de la fitoenmienda de zinc y cadmio para la producción de energía y la recuperación de metales (excluyendo la relación costo-beneficio de la enmienda del ambiente) se comparan favorablemente con el ingreso bruto anual generado por el cultivo de maíz o trigo en el medio oeste de los EE.UU. Estas cifras se basan en el uso de las variedades existentes de Carraspique, por lo tanto, si se desarrollaran variedades más altas, la cosecha por medios mecánicos incrementaría considerablemente los ingresos por hectárea. En los países en que el costo de la mano de obra es más baja, la factibilidad económica de esta tecnología garantiza su inmediata aceptación e inversión.

En resumen, aún cuando los esfuerzos de investigación continúan, es ya claro que la tecnología de fitoenmienda es sumamente promisoría. La estrategia de fitoenmienda descrita en este informe es factible en cualquier país donde pueda crecer el Carraspique (*Thlaspi caerulescens*) y donde sea apropiado el complejo metálico de los suelos. Por ejemplo, en Latinoamérica, dos lugares que pueden beneficiarse de esta estrategia de enmienda son las minas de La Oroya y Cajamarquilla en Perú. Como bien puede deducirse de la amplitud de la colaboración en esta iniciativa, el Dr. Chaney y sus colegas son firmes propulsores de la cooperación internacional. Dado el alcance de los esfuerzos emprendidos en todo el mundo para rectificar el legado ambiental del uso de tecnologías y prácticas mineras deficientes, el compromiso para propagar estas lecciones aprendidas deberían proveer una base sólida sobre la cual diseminar este interesante y novedoso enfoque para la enmienda de suelos.