

Restauración integral de cuencas fluviales urbanas mediante el uso de tecnologías sostenibles: el Morro de Moravia

Angeles Ortiz¹, Jordi Morató², Alex Pires³, Francesc Codony⁴, Gustavo Peñuela⁵

Laboratori de Microbiologia Sanitària y Mediambiental
Campus Terrassa-IPCT Edifici TR-20
Carretera Nacional 150, Km 14.5
Tel/Fax: (34) 937398328
08227 Terrassa, Barcelona, España

¹ing_ortiz_bal@yahoo.com.mx, ²jordi.morató@upc.edu, ³alex.pires@oo.upc.edu,
⁵gpenuela@udea.edu.co

Paraules clau: humedal construido, buffer strip, lixiviado, sostenible

RESUM

El Morro de Moravia es un cerro ubicado sobre depósitos aluviales del río Aburrá en la Ladera Nororiental de Medellín, Colombia. Entre los años de 1972 y 1984 se empleó como tiradero de residuos sólidos. Esta disposición de los residuos en la zona ocasionó que las personas dedicadas al reciclaje empezaran a invadir “El Morro”, iniciando así un asentamiento humano descontrolado y no planificado en el sitio.

A partir de 1999 se realizaron estudios que mostraron que el Morro de Moravia presentaba un alto riesgo geotécnico y de contaminación, probando que la población que habita la zona está sometida a un elevado riesgo químico y no cuenta con las condiciones ambientales y de salubridad mínima. Con lo cual se establece la necesidad de iniciar un saneamiento a través de un proyecto aplicado a la restauración integrada en cuencas fluviales urbanas.

Con la firma del Acuerdo Marco en abril del 2006, se establecen las bases de la cooperación entre las universidades de Antioquia y la Politècnica de Catalunya, cuyo principal objetivo es fomentar la investigación en las tecnologías sostenibles para la gestión hídrica aplicada a la restauración de cuencas fluviales urbanas, mediante la construcción de humedales artificiales construidos y buffer strips en la cuenca de la región colombiana de Moravia. Cuya función será el tratamiento de lixiviados en el cerro del “Morro de Moravia”.

Inicialmente se realizará un proceso de monitoreo de compuestos tóxicos para determinar la presencia de elementos y compuestos como el amoníaco, mercurio, plomo, cromo, cadmio, fenoles, cianuros, sulfuros y benceno, en las muestras recolectadas de los lixiviados. Posteriormente se hará el diseño y construcción de los humedales. El tratamiento de los efluentes contaminados y la restauración de la zona favorecerán la disminución de la presencia de sustancias tóxicas en el ambiente, mejoraran las condiciones de salud pública y ambiental.

Estas alternativas para el saneamiento de la zona, no sólo representan beneficios ambientales, sino que inciden también de forma positiva a nivel social y económico de la comunidad. Asimismo se potenciarán las relaciones y se reforzar  el trabajo en red incrementando las relaciones existentes entre distintos grupos multidisciplinarios de investigación y los vínculos entre las universidades y las entidades medioambientales participantes.

Aunado a ello, la experiencia servirá como modelo de fortalecimiento institucional universitario a través de la formación e investigación en depuración de aguas de cuencas fluviales mediante tecnologías sostenibles.

ARTICLE COMPLET

Introducción

Hoy en día las actividades industriales alrededor del mundo se basan principalmente en la obtención a corto plazo de mejores y mayores beneficios, sin preocupación por la sostenibilidad y el uso de los recursos naturales. De esto surge la necesidad de implementar tecnologías y procesos enfocados a la protección del recurso agua, que tengan pocos requerimientos ambientales y bajos costos de manejo y mantenimiento, y que a su vez sean capaces de destruir contaminantes y sustancias tóxicas en las aguas residuales.

La restauración de las cuencas fluviales implica actuar de manera global y concebir las cuencas como una unidad integrada de diferentes elementos, bióticos y abióticos, cada uno interrelacionados. En la definición y resolución de los problemas ambientales actuales es necesario definir una estrategia que reúna diferentes disciplinas con el propósito principal de encontrar una solución holística a un problema común.

El presente proyecto tiene como finalidad favorecer la *cooperación internacional* e integrar una estrategia general para fomentar las tecnologías sostenibles. En Medellín, Colombia, forma parte de un macro proyecto denominado **Recuperación Integral del Morro de Moravia: Restauración y gestión para la utilización como Espacio Público**; que nace debido a la seria situación de vulnerabilidad que enfrenta la población que habita el Morro de Moravia.

Medellín y el Morro de Moravia

Medellín es la segunda ciudad más poblada de Colombia, con una población de 2.223.078 habitantes (Censo, 2005) es la capital del departamento de Antioquia, localizado al noroeste de Colombia. Durante las últimas tres décadas, Medellín ha experimentado un importante cambio económico debido al desarrollo de subsectores como el turismo y la medicina, principalmente con el trasplante de  rganos. En años recientes, esto ha fomentado una nueva cultura enfocada en la seguridad, la educación, la salud y el deporte, lo que representa un impulso más en la economía de la ciudad, destacando entre los países latinoamericanos.

Sin embargo, cabe destacar que a raíz de los conflictos entre activistas de partidos políticos y el fenómeno de concentración agraria, se inició un proceso de expulsión de campesinos pobres hacia la ciudad, que a pesar de presentar el proceso de industrialización no estaba preparada para ofrecer vivienda y trabajo a los campesinos

provenientes del sector rural. Esta situación obligó a los emigrantes a asentarse en las zonas periféricas o en áreas inadecuadas, sin las condiciones mínimas para su establecimiento, tal es el caso del “Morro de Moravia”.

El “Morro de Moravia” es un cerro constituido de material aluvial localizado en la ladera nororiental de Medellín. Entre los años 1972 y 1984 fue utilizado como un vertedero, en el cual se depositaban cerca de 100 ton/día de residuos. Con el tiempo, la cantidad de residuos depositados fue creciendo, a la vez que las actividades de reciclaje en el sitio se intensificaron, ocasionando la invasión y el asentamiento ilegal de personas dedicadas a reciclar. La proximidad con la estación de transporte local también fue determinante para aumentar el asentamiento de personas de diferentes partes del país, desplazadas por la violencia.

Hoy en día, el “Morro de Moravia” ocupa un espacio de terreno de 43.7 Ha, en el cual hasta el año 2006 vivían 35.619 personas distribuidas en 7.352 casas, es decir, un promedio de 4.8 personas por familia y con un índice de 0.37 m² de espacio por residente. De manera que el 75% de la población del Morro vive en hacinamiento crítico (SISBEN, 2000).

Aspectos sociales e institucionales.

La recuperación e incorporación del “Morro de Moravia” a la comunidad es evidentemente una necesidad, no sólo debido a los problemas de contaminación si no también a la baja calidad de vida con que cuenta la población y las serias deficiencias encontradas en el análisis espacial del área:

- El 60% de la población tiene casas con techos hechos con materiales inestables (cartón).
- Hay ausencia de árboles y plantas.
- El 75% de la población vive en condiciones de hacinamiento.
- Los servicios de salud y de educación son deficientes.
- El 98% de la población vive con menos de un salario mínimo.
- El índice de desempleo es del 67%.
- Hay un 10.6% de analfabetismo.
- La primaria es el máximo nivel educativo alcanzado.
- La población tiene un fuerte sentido de pertenencia a la zona.

Esta situación ha motivado al gobierno de Medellín a trabajar en el marco del macro proyecto de Moravia con la participación activa de la Universidad de Antioquia, la Universidad Nacional, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Gobierno Español, la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), Jardín Botánico del Ayuntamiento de Barcelona y cuenta con el apoyo de la Comunidad Europea a través de la Red Alfa TECSPAR.

Contaminación en el “Morro de Moravia”

Entre 1999 y 2005, diversos estudios realizados por consultores y agencias de gobierno, determinaron que el “Morro de Moravia”:

- Presenta elevado riesgo geotécnico debido al proceso de urbanización no planificado y a la naturaleza propia del sitio.
- Existe gran amenaza por contaminación química (presencia de gases tóxicos como sulfuros, benceno y cianuro, y lixiviados con cromo y plomo).

- El área no cuenta con las mínimas condiciones medioambientales y de salud para vivir.

Con los resultados obtenidos de los estudios mencionados anteriormente, en el año 2006 el “Morro de Moravia” fue declarado *Calamidad Pública* y se decidió reubicar y mover a la población que en ese tiempo habitaba el área, y formular en corto y mediano tiempo un plan de manejo ambiental y sanitario para mitigar el problema existente.

1. Agua y lixiviados

Dada la situación predominante en el “Morro de Moravia” existe un inadecuado manejo del agua. El 42% de la población establecida no cuenta con sistemas de drenaje apropiados para disponer de sus residuos líquidos. La lluvia representa un problema no sólo por el reblandecimiento del suelo y sus consecuentes deslaves, sino también porque la infiltración y la migración de agua a través del vertedero, junto con los residuos municipales e industriales, genera un lixiviado que contiene elevadas concentraciones de materia orgánica, nutrientes, patógenos y metales pesados, contaminando las fuentes de agua subterráneas y superficiales, como el río Medellín.

El lixiviado y el agua residual deben removerse y tratarse de manera ambientalmente apropiada de acuerdo con la legislación vigente, ya que de no ser así, pueden causar serios problemas de contaminación tanto a nivel superficial como en las fuentes subterráneas de agua. Existen diversos procesos de tratamiento físico, químico y biológico que se pueden utilizar para tratar el lixiviado del vertedero, sin embargo, para países en vías de desarrollo pueden ser tecnologías muy caras en construcción y operación, y requieren de mano de obra calificada para la operación (Sawaitayothin y Polprasert, 2006).

2. Buffer strips y humedales construidos

En el “Morro de Moravia” tecnologías sustentables y de bajo costo, como los humedales construidos y los buffer strips, conocidos como *sistemas naturales* de tratamiento, se utilizarán para tratar el lixiviado. Los buffer strips para fitoremediación en el sitio y los humedales construidos para tratamiento final. Con ello, la ciudad de Medellín se verá beneficiada por el tratamiento sostenible de las aguas residuales generadas por cerca de 500 residentes.

La fitoremediación es una tecnología emergente para remediar vertederos, áreas industriales y otros sitios contaminados. Esta tecnología utiliza plantas para limpiar o remediar suelos, lodos, sedimentos y agua contaminados a través de la remoción, degradación o retención del contaminante (USEPA, 1998).

Estas nuevas tecnologías de remediación empleando plantas están emergiendo mundialmente (Westphal y Isebrands, 2001). Las aplicaciones de fitoremediación más comunes son los buffer strips ribereños y los filtros de vegetación.

Los buffer strips que utilizan plantas de ribera se ubican entre el área contaminada y la zona ribereña y están diseñados para disminuir y detener el flujo de agua contaminada y los sedimentos de la zona contaminada a la zona ribereña. Los filtros vegetativos, a su vez, frecuentemente se utilizan como cobertura vegetal en vertederos y como una alternativa para ayudar a contener los residuos de los vertederos (USEPA, 1998).

Existen muchas ventajas de la fitoremediación, comparada con otras tecnologías limpias o sostenibles (Westphal and Isebrands, 2001):

- Las plantas pueden efectivamente y económicamente remover, degradar o retener contaminantes en una forma natural y estética.
- La fitoremediación genera ambientes más verdes para aquellos que viven, trabajan o juegan en las cercanías del sitio fitoremediado.
- La fitoremediación trae beneficios como: control de la erosión del suelo, retiene agua de lluvia, secuestro de carbono y hábitat para la vida salvaje.

El buffer strip en el “Morro de Moravia” consistirá en una serie de árboles, arbustos y pastos a lo largo de su ladera, entre la fuente de contaminación y los humedales construidos. En tal situación, el buffer va a actuar como un filtro que disminuirá el flujo de lixiviados, depositará sedimentos y adsorberá nutrientes y residuos municipales, mejorando la calidad del agua.

Resultados previos

La población beneficiada con éste proyecto es la perteneciente al “Morro de Moravia” y sus alrededores, población que ha vivido por muchos años en condiciones precarias. Como parte del objetivo social del macro proyecto, para mejorar la calidad de vida de la población, la primera acción ha sido reubicar a la población en 2.654 casas en sitios adecuados. Previniendo así la pérdida de vidas humanas y de bienes materiales, lo incluye el primer paso de preparación del terreno para su estabilización y las posteriores etapas de restauración ambiental.

El análisis de las aguas superficiales indicó que la calidad del agua es mala, debido a la alta carga contaminante proveniente principalmente de excretas y residuos orgánicos contenidos en las aguas residuales domésticas. En algunas zonas, las aguas subterráneas contienen cantidades importantes de materiales contaminantes de lixiviados. A la fecha, las muestras analizadas del lixiviado demuestran que las características del fluido se corresponden con las de un vertedero maduro y con condiciones anaerobias bien definidas.

Antes de iniciar con la restauración medio ambiental propia del sitio, se harán ensayos a nivel piloto en el “Morro de Moravia” con el propósito de realizar evaluaciones desde diversos perfiles profesionales. Se construirán 4 plantas piloto de humedales sub-superficiales para el tratamiento de lixiviados, y se estudiarán variables como altura de la lámina de agua, tamaño de la grava, especie vegetal y tiempo de residencia, para determinar la configuración ideal de tratamiento para los lixiviados presentes en la zona. Cabe destacar que se busca evaluar el potencial fitorremediador de especies vegetales nativas en comparación con las especies comúnmente utilizadas. Mediante muestreos planificados a intervalos adecuados se estimará el crecimiento y producción de biomasa de las especies vegetales durante al menos 3 meses y se determinará la acumulación de amoníaco, mercurio, plomo, cromo, cadmio, fenoles, cianuros, sulfuros y benceno en la biomasa.

El tratamiento de lixiviados en ensayos a nivel piloto lo llevarán a cabo el Grupo de Diagnostico y Control de la Contaminación (GDCON) de la Universidad de Antioquia y el Laboratorio de Microbiología Sanitaria y Medioambiental (MSMLab) de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Finalmente y en base a los resultados obtenidos tanto en el muestreo como en la operación de las plantas piloto se realizará el diseño definitivo del sistema de tratamiento de los lixiviados en el “Morro de Moravia”.

Conclusión

El presente proyecto busca la restauración de las áreas contaminadas y disminuir los riesgos de salud, así como los contaminantes químicos y biológicos, con la finalidad de mejorar la situación socio-económica y ambiental de la población mediante la selección y aplicación de tecnologías sostenibles.

Esto tipo de experiencias convierten un problema en una solución sostenible y pueden servir como ejemplo para otros países. La red Alfa TECSPAR cuenta con los medios para dar soporte técnico y dar a conocer este tipo de experiencias, que garantizan el uso de las tecnologías sostenibles, así como la capacitación y la instrucción personal que consolidan la cooperación internacional.

Una vez que el Morro de Moravia haya sido ambientalmente restaurado, se busca construir en el área un Eco-museo y un Parque Público. Esto será un cambio positivo en la toda la población de Medellín, ya que los colombianos tienen un amplio sentido de pertenencia por los espacios públicos y las instituciones que generan cambios en su beneficio. Lo que sin duda será, garantía para el buen uso de las instalaciones.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía de Medellín, www.medellin.gov.co

Corantioquia, www.corantioquia.gov.co

Area Metropolitana del Valle de Aburrá, www.metropol.gov.co

1. Sawaitayothin V. y Polprasert C. Kinetic and mass balance analysis of constructed wetlands treating landfill leachate. *Environ. Tech.*, **27**, 12, 1303-1308 (2006)
2. USEPA. US Environmental Protection Agency: *A Citizen's Guide to Phytoremediation*. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington D.C. (1998)
3. US Department of Agriculture. *Conservation buffers work – economically and environmentally*. Program Aid 1615. Washington, D.C. (2000).
4. Westphal, L.M. y Isebrands, J.G. *Phytoremediation of Chicago's brownfields – consideration of ecological approaches and social issues*. Proceedings Brownfields 2001 Conference, Chicago, Illinois, USA. BB-11-02.