

DESARROLLO DE MICROECONOMÍAS REGIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES COSECHADOS EN SUELOS DEL BOTADERO ZONA NORTE, MINA CAYPA, BARRANCAS, LA GUAJIRA

Regional microeconomics development at essential oils production collected in Zona Norte landfill soil, Mina Caypa, Barrancas, La Guajira

 <https://doi.org/10.52948/germina.v4i4.514>

RICARDO DURÁN BARÓN
rduran4@areandina.edu.co

OSCAR ENRIQUE FORERO-OSPINO
oforero@correo.ugr.es

Grupo de investigación en ingeniería geológica
Fundación Universitaria del Área Andina

Artículo de investigación formativa

Recepción: 15 de diciembre de 2021

Aceptación: 25 de febrero de 2022

Cómo citar este artículo:

Durán Barón, R. y Forero-Ospino, O. (2022). Desarrollo de microeconomías regionales en la producción de aceites esenciales cosechados en suelos del botadero zona norte, Mina Caypa, Barrancas y La Guajira. *Germina*, 4(4), 110–118..

Resumen

La actividad minera desarrollada en el departamento de la Guajira y Cesar coinciden en la imposibilidad de la utilización de suelos para usos agrícolas. Esto impide la producción de alimentos para consumo en fresco en las zonas de botaderos, debido al riesgo potencial de fitoextracción de presencia de metales pesados. Por consiguiente, las microeconomías regionales consideran escaso el acceso a nuevas posibilidades de mercado, con especial atención en los recientes y que se encuentran en expansión como es el caso de la producción de agroinsumos con base en productos naturales de origen orgánico y todos sus derivados. Como parte de este proyecto, se plantea una investigación experimental a partir de una alternativa biotecnológica de rizorestauración de las áreas de botaderos sin cobertura vegetal para mitigar el impacto sobre la productividad agrícola de las comunidades adyacentes a las zonas mineras, en un tejido de agricultura familiar. Para realizarlo es indispensable identificar las condiciones (geológico-geotécnicas) actuales del botadero, estableciendo parámetros de estabilidad, condiciones y factores medioambientales que se encuentran modificando de forma directa el área de interés y procesos activos considerados amenazas dentro del depósito de materiales; permitiendo el manejo adecuado durante la implementación (siembra y seguimiento) de la alternativa biotecnológica dentro del área piloto.

Palabras clave: biotecnología; estabilidad de taludes; rizorestauración; suelos mineros.

Abstract

The mining activity developed in La Guajira and Cesar departments coincide in the impossibility of using land for agricultural purposes. This prevents the production of food for fresh consumption in the dump areas, due to the potential risk of phytoextraction of the presence of heavy metals. Consequently, the regional microeconomies consider little access to new market possibilities, with special attention to recent and expanding ones, such as the case of the production of agro-inputs based on natural products of organic origin and all their derivatives. As part of this project, an experimental investigation is proposed based on a biotechnological alternative for the rhizo-restoration of dump areas without vegetation cover to mitigate the impact on agricultural productivity of communities adjacent to mining areas, in a fabric of family agriculture. To do this, it is essential to identify the current (geological-geotechnical) conditions of the dump, establishing stability parameters, environmental conditions and factors that are directly modifying the area of interest and active processes considered threats within the material deposit, allowing adequate management during the implementation (planting and monitoring) of the biotechnological alternative within the pilot area.

Keywords: biotechnology; slope stability analysis; rizorestauración; mining soil.

Introducción

La minería de carbón a cielo abierto es una actividad que afecta drásticamente el ecosistema donde se desarrolla; degrada el suelo, contamina el aire y las vertientes hídricas. Además, genera la expulsión de la fauna y pérdida de la vegetación (UPME, 2012). La extracción de carbón a cielo abierto destruye la capa orgánica del suelo que en algunas explotaciones es conservada para volver a colocar encima del botadero, sin analizar y con poca información relacionada con el comportamiento final de los materiales almacenados (UPME, 2016). La remoción del carbón y la mezcla de diferentes horizontes de la explotación pueden remover metales pesados presentes en las rocas que afloran en el botadero, especialmente como incorporarlos en el protocolo de cierre y abandono de mina que exige la legislación colombiana. Al no ser estudiados se desconoce su composición y su comportamiento. En los existentes se evidencian fuertes cárcavas y deslizamiento de material originado por el agua de lluvia y el viento. Igualmente, se ha reportado presencia de metales pesados (Ag, Cd y Hg) (Durán et al., 2018) y presencia de aguas ácidas en términos generales durante las explotaciones mineras.

Asimismo, la cantidad y naturaleza de los contaminantes liberados depende de las características del material de roca residual extraído y dispuesto. Adicionalmente se pueden presentar cloruro, sulfuro de hierro (pirita), marcasita (FeS₂), calcita (CaCO₃), dolomita, etc., que pueden convertir ese suelo en un suelo salino sódico que presenta serios problemas para el crecimiento de las plantas (Durán et al., 2018). De igual manera, se conoce el uso de plantas fitorremediadoras que ayudan a atrapar los metales pesados para eliminarlos del suelo y lograr una recuperación. Sin embargo, estas no han sido evaluadas en este tipo de suelos de los botaderos.

Existen experiencias milenarias de parte de la etnia Kankuamo de la Sierra Nevada de Santa Marta con la limonaria (*Cymbopogon Citratus*) y el pronto alivio (*Lippia Alba*) en condiciones de altas temperaturas, altas radiaciones y escasa tecnología (Ajayi et al., 2016). Estas han logrado resultados satisfactorios para suministrar materia prima a una planta de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor. En su aprovechamiento diferentes técnicas de cultivo orgánico han sido utilizadas para aumentar el rendimiento de las plantas y el aceite esencial en el limoncillo (Atkinson et al., 2010). Son técnicas también empleadas para su uso como especie de cobertura durante la restauración ecológica con fines de estabilización (León et al., 1998; Wang et al., 2017).

Estudios demuestran que plantas que contienen aceites esenciales pueden crecer de manera segura en suelos contaminados con metales pesados sin efectos severos sobre la morfología y el rendimiento del aceite (Gautam y Agrawal, 2017), el cual puede ser extraído por diferentes méto-

dos dependiendo de las ventajas que tienen cada uno frente a los otros. Enmiendas y biofertilizantes han sido empleados en el uso de la limonaria como restaurador ecológico (Gautam y Agrawal, 2017) y su aceite esencial usado sobre biopelículas de *Streptococcus mutans* y citotoxicidad en células CHO (Tofiño-Rivera et al., 2016). Por otra parte, se desconoce las características de *Cymbopogon Citratus* utilizada como planta fitorremediadora de suelos mineros que favorezcan el aprovechamiento de las propiedades funcionales del aceite esencial. A su vez, el limoncillo es una hierba perenne de importancia comercial con valor medicinal y capacidad para tolerar altas condiciones alcalinas y salinas (Velandia, 2021).

El aceite esencial de las plantas puede crecer con seguridad en suelo contaminado con metales pesados sin efectos graves sobre la morfología y rendimiento de aceite (Gautam y Agrawal, 2017) el cual presentó 17 compuestos identificados (más del 90% de volátiles totales, aportando aproximadamente el 70% de citral). El contenido de Fe, Zn, Cu, Cd, Ni y Pb en partes de la planta fue superior. Sin embargo, los metales contenidos en aceite esencial estaban dentro de los límites permitidos para alimentos. Los aceites esenciales son productos naturales extraídos de materiales de planta aromática, presentan muchas aplicaciones interesantes que pueden ser biosintetizados en órganos de plantas como metabolitos secundarios como flores, hierbas, brotes, hojas, frutos, ramitas, corteza, pele (cítricos), semillas, madera, rizoma y raíces (El Asbahani et al., 2015).

Diferentes extractos de *Citratus* han demostrado diversas propiedades farmacológicas, antioxidante, antimicrobianas, antiinflamatorias, antidiabéticos, terapéutica, entre otros (Lawal et al., 2016; Palacios y Castillo, 2015). Dentro de sus usos son empleados en la industria farmacéutica, cosmética, alimentos, sabor y agrícola (Mohamed et al., 2012). Estudios han demostrado que la composición química de los aceites esenciales y extractos de *Citratus* varía según la procedencia geográfica, edad y naturaleza de la planta (García et al., 2011). Los compuestos aislados de *Citratus* son de diversas clases químicas como taninos, esteroides, terpenos, fenoles, cetonas, flavonoides y azúcares (Lawal et al., 2016). Posee un olor cítrico alimonado muy característico debido a su alto contenido del citral aldehído, que tiene dos isómeros, geranial (citral a) y el neral (citral b). Además de citral, aceite esencial de *Cymbopogon spp.* Consta de pequeñas cantidades de geraniol, geranilo acetato y oleofinas de monoterpene, como el limoneno (en flexuosus) y mirceno (de *Citratus*) (Mohamed et al., 2012).

Metodología

El departamento de Cesar y la Guajira en Colombia comparten características que derivan en problemáticas comunes. Se trata de regiones con ambientes áridos donde la vulnerabilidad y desertización de los suelos constituyen una de las principales limitantes vinculados a las actividades agropecuarias y a la seguridad alimentaria. En este contexto, se suman otras problemáticas sociales como los bajos niveles de asociatividad, especialización productiva y articulación en cadenas de valor. Así, las microeconomías regionales ven

limitado su acceso a nuevos mercados, especialmente aquellos en reciente expansión como la producción de agroinsumos a partir de productos naturales orgánicos y las industrias derivadas de ellos.

Según Fontagro (2016) la actividad minera desarrollada en ambas regiones compite por la utilización de los suelos para usos agrícolas. Esto impide la producción de alimentos para consumo en fresco en las zonas de botaderos debido al riesgo potencial de fitoextracción de metales pesados en el órgano aprovechable. Como parte de este proyecto, se plantea una alternativa biotecnológica de rizo restauración de las áreas con sustratos inertes sin cobertura vegetal para mitigar el impacto sobre la productividad agrícola de las comunidades adyacentes a las zonas mineras. Es indispensable el desarrollo de prácticas de estabilidad con el fin de conocer e interpretar las condiciones actuales de las áreas del botadero, controlando la respuesta del terreno antes, durante y después de aplicar la técnica de biotecnología.

El aporte innovador de la estrategia plantea la promoción de las microeconomías regionales a partir de la utilización de la biomasa vegetal producida en los suelos remediados (Montes et al., 2021), para la obtención de aceites esenciales, sin riesgo de contaminación por metales pesados. Lo anterior, a partir de un método cuantitativo experimental apoyado en relaciones entre variables, el modelado (métodos determinísticos) y caracterización del botadero desde el ámbito geotécnico. Según el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), en el apartado del título H (Min Ambiente, 2010), permite plantear alternativas asociadas en áreas con presencia de procesos activos de erosión y algunos problemas de remoción en masa.

Los análisis y ensayos de laboratorio se desarrollan por medio de los manuales del Instituto de Nacional de Vías (INVIAS, 2018) donde se pueden enmarcar las normas que componen la sección 100 para suelos y rocas. Esto es fundamental para el control de las plántulas de las respectivas aromáticas (Limonaria y Lippia Alba) en los invernaderos, posterior siembra del cultivo, seguimiento y control durante su crecimiento y el desarrollo final para la posterior extracción en suelos de botaderos mineros de carbón a cielo abierto.

Resultados y discusión

Actualmente se cuenta con la evaluación mineralógica, petrográfica y textural en muestras recolectadas alrededor del botadero, representando así zonas consideradas homogéneas o con características similares dentro de todo el espacio de la mina. Se identifica para la zona del botadero predominancia de fragmentos líticos y rodados con alta presencia de feldespatos, asociado al transporte del material y su grado de madurez. Esto permite una óptima fertilidad en el suelo, acompañada de filosilicatos de micas claras (moscovita) en alto porcentaje de óxido de potasio y con menor interés minerales férricos con presencia de una matriz bastante permeable y con alteraciones mineralógicas con probabilidad de desarrollo de

procesos erosivos pobres. Se considera al material bajo la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS, por su sigla en inglés) como arena bien gradada SW. La presencia de materia orgánica es lavada debido a la cantidad de agua escorrentía que transcurre y la pérdida de nutrientes disponibles para el desarrollo de procesos agrícolas.

Adicional a estos datos, se cuentan con la evaluación ecológica mediante el levantamiento de una parcela de un décimo de hectárea, subdividida en 10 subparcelas donde se encuentra un área de bosque ripario intervenido a orillas del río Ranchería, siendo este espacio para la conservación de la flora original del sitio. Al buscar una propuesta para la restauración ecológica del sector, en esta unidad se definen las especies a utilizar durante la reforestación y la composición fitosociológica del bosque natural. Dentro de las especies que se encuentran frecuentemente son: Sangregao (*virola sp*), papayote (*jacaratia digitata*), caracolí (*anacardium excelsum*), el higuerón (*figus glabrata*) guacamayo (*croton cupreatus*), guásimo (*guasuma ulmifolia*), hobo (*spondias mombin*), matarratón (*glirisidia sepium*), gusano (*astronium graveolens*), majagua (*erythrina aff. edulis*), jagua (*genipa americana*), resbalamono (*bursera simarouba*), palma de vino (*sheelea magdalénica*), uvita de lata (*bactris sp.*), sietecueros (*machaerium capote*), pata de gallina (*didymopanax morototoni*), guayacán (*bulnesia arbórea*), guayabo (*bellucia axinantha*), guáimaro (*poulosemia armata*), pereuétano (*parinarium pachyphyllum*), mucurutu (*lonchocarpus santoe*), pringamosa (*urera caracazanum*), orejero (*enterolobium cyclocarpum*), algarrobo (*hymenaea courbaril*), guamo (*inga sp*), gualanday (*jacaranda sp*), concha caimán (*anthurium crassinervium*), entre otras. Resaltando la cobertura, exuberación y altura con el paisaje de las praderas, siendo un bosque de crecimiento secundario en un estrato sucesional entre secundario primario y secundario tardío, no siendo económicamente rentable debido al índice de diversidad y abundancia de las especies comerciales es bajo.

La implementación de un seguimiento de campo de los procesos activos y factores condicionantes del botadero han permitido identificar variables relevantes del comportamiento geológico-geotécnico, enfocado en la estabilidad de los materiales. Por otra parte, se han identificado procesos erosivos severos con presencia de acumulación de agua escorrentía en canales naturales en los costados de cada subnivel del botadero de la mina. El levantamiento de muestras representativas indicará los valores de propiedades físicas de cada material que compone el botadero y permitirá generar los modelos determinísticos para la eventual evaluación de las condiciones del factor de seguridad de las laderas del botadero.

A partir de todos los resultados de la evaluación mineralógica y petrográfica se puede evidenciar la regulación composicional de todo el sector del botadero frente a la posibilidad de usar el método de rizoestabilización. La reutilización de los suelos y la capacidad de las propiedades fisicoquímicas y biológicas en el sector del botadero cuentan con condiciones adecuadas composicionalmente para el desarrollo general de la siembra y desarrollo de la plantación de especies aromáticas.

La evaluación ecológica muestra la actual condición de todo el sector perimetral de la mina Caypa y expone la falta de cobertura vegetal o en

algunos sectores bastante baja. Es indispensable aumentarla por medio de plantaciones nativas de vegetación que permitan la adecuada recuperación del terreno y el desarrollo de ecosistemas autóctonos. Asimismo, son importantes las áreas degradadas gravemente por procesos erosivos severos, requiriendo un aislamiento inicial, nivelación del terreno, obras de drenaje y sostenimiento. Finalmente, culminar con la reforestación de la cobertura vegetal y disminuir la zona expuesta o desnuda ante los procesos erosivos y procesos de remoción desencadenados.

Conclusiones

La rizoestabilización requiere de variables interdisciplinarias que logren estimar las condiciones actuales del área a intervenir, enfocado en la capacidad del terreno para soportar la siembra, la capacidad del terreno en cuestión de nutrientes y minerales disponibles. Los procesos que actualmente se encuentran modificando las áreas y la capacidad de las especies aromáticas para desarrollarse en medios con condiciones un tanto extremas (temperaturas regulares por encima de 35° y épocas de lluvia bastante limitadas).

Los sistemas de estabilidad del botadero son dependientes de la respuesta física del terreno, comprendiendo variables geológicas-geotécnicas relacionadas con la textura de los materiales y la distribución interna de cada estructura o rasgo particular de los horizontes. El número de muestras analizadas se convierte en un factor esencial para la toma de decisiones y los cálculos durante el análisis numérico/modelamiento que se requiere.

Referencias

- Ajayi, E., Sadimenco, A. y Afolayan, A. (2016). GC-MS evaluation of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf oil obtained using modified hydrodistillation and microwave extraction methods. *Food Chemistry*, 209, 262-266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.071>
- Atkinson, C., Fitzgerald, J. y Hipps, N. (2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and Soil*, 337(1-2), 1-18.
- Durán, B., Méndez M., Melissa Molina J. y Barragan, D. (2018). Evaluación mineralógica, petrográfica y textural de los diferentes frentes de explotación en la minería a cielo abierto para establecer su fertilidad post-minera [Ponencia]. IX Congreso Internacional de Investigación Areandino, Bogotá, Colombia.
- El Asbahani, A., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Ait Addi, E., Casabianca, H., El Mousadik, A., Hartmann, D., Jolale, A., Renaud, F. y Elaissari, A. (2015). Essential oils: from extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1-2), 220-243. <http://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>

- Fontagro (2016). *Desarrollo de microeconomías regionales en la producción de aceites esenciales cosechados en suelos mineros*. <http://webstories.fontagro.org/microeconomias-regionales>
- García, J., De la Rosa, L., González-Barrios, A., Herrera-Duenez, B., López-Díaz, J., González-Aguilar, G., Ruíz-Cruz, S. y Álvarez-Parrilla, E. (2011). Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en la Ciudad Juárez, México. *Tecnociencia Chihuahua*, 5(2), 67-75. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/696>
- Gautam, M. y Agrawal, M. (2017). Influence of metals on essential oil content and composition of lemongrass (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf.) grown under diferente levels of red mud in sewage sludge amended soil. *Chemosphere*, 175, 315-322. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.065>
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2018, 22 de agosto). *Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras, sección 100*. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos>
- Lawal, A., Nwanji, T., Asaleye, A. y Ahmed, V. (2016). Economic growth, financial development, and trade openness in Nigeria: An application of the ARDL bound testing approach. *Cogent Economics & Finance*, 4(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2016.1258810>
- León, J.C., Brand, D., Collantes, M., Paruelo, J. y Soriano, A. (1998). Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología austral*, 8(2), 125-144. http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1613
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Min Ambiente). (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*. Min Ambiente. <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Mohamed, A., Sallam, Y., El-Leithy, A. y Aly, S. (2012). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods. *Annals of Agricultural Sciencies*, 57(2), 113-116. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2012.08.004>
- Montes, J., Daza, L. y Angarita, L. (2021). Productos andinos para el desarrollo de una gastronomía nacional. *Sosquua*, 2(2), 59-69. <https://doi.org/10.52948/sosquua.v2i2.147>
- Palacios, A. y Castillo, W. (2015). Modelamiento de extracción del aceite esencial de *Aloysia citriodora* Y *Schinus molle*. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 2313-1926.
- Tofiño-Rivera, A., Ortega-Cuadros, M., Galvis-Pareja, D., Jiménez-Rios, H., Merini, L. y Martínez-Pabon, M. (2016). Effect of *Lippia alba* and *Cymbopogon citratus* Essential Oils on biofilms of *Streptococcus mutans* and Cytotoxicity in CHO Cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 749-754. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.10.044>

- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2012). *La cadena del carbón. El carbón colombiano fuente de energía para el mundo*. Ministerio de Minas y Energía. http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_carbon.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2016). *Boletín Estadístico de Minas y Energía 2012-2016*. Ministerio de Minas y Energía. http://www1.upme.gov.co/Documents/Boletin_Estadistico_2012_2016.pdf
- Velandia, Y. (2021). El alimento, un elemento cultural diferencial de la identidad de los pueblos. *Sosquua*, 3(1). <https://doi.org/10.52948/sosquua.v3i1.414>
- Wang, L., Ji, B., Hu, Y., Liu, R. y Sun, W. (2017). A review on in situ phytoremediation of mine tailings. *Chemosphere*, 184, 594-600. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.025>.