

Apuesta por una minería verde

Bet on a green mining

Relato de un viaje a Remedios, Antioquia, en búsqueda de soluciones biotecnológicas para una minería sin mercurio.

Account of a trip to Remedios, Antioquia, in search of biotechnological solutions for mercury-free mining.



Por / By:

Por: Claudia Patricia Gil Salcedo
claudia.gil@upb.edu.co

Fotos / Photos:
Divulgación Científica
y Comunicaciones

L

a primera salida de campo con la profesora [Margarita Enid Ramírez Carmona](#) y el equipo del [Centro de Estudios y de Investigación en Biotecnología \(CIBIOT\)](#) fue un 28 de octubre de 2015. Lo tengo muy presente, porque era mi cumpleaños.

Cuatro de la mañana, aún a oscuras en la ciudad de Medellín. El punto de encuentro fue la portería de la Universidad Pontificia Bolivariana, ubicada sobre la avenida Nutibara. Allí, fuimos llegando uno a uno los integrantes

The first field trip with Professor Margarita Enid Ramírez Carmona and the team from the Center for Studies and Research in Biotechnology (CIBIOT) took place on October 28, 2015. I have it in my mind, because it was my birthday.

It's four in the morning, still in the dark in the city of Medellín. We all meet at one of the gates of the Universidad Pontificia Bolivariana, the one located on Nutibara Avenue. There, one by one, the members of the team of professionals

del equipo de profesionales de la Dirección de Investigación y Transferencia de la Universidad, demás investigadores del [Grupo de Investigación Ambientales \(GIA\)](#) y otros aliados, hasta completar una agrupación de 17 personas. Era la primera de muchas visitas a la vereda Santa Isabel en Remedios, Antioquia, y a otros municipios del departamento, a lo largo de los cinco años que duró este ejercicio.

Casi 169 kilómetros y cerca de siete horas de viaje separan a Medellín de Santa Isabel, por la vía que conduce de esta capital a la ciudad de Bucaramanga. Todo preparado, una agenda de trabajo robusta deparaba un día de arduo trabajo. En el camino, una parada a desayunar. Allí se nos unió el equipo de Bioexplora, socios de la iniciativa, y algunos funcionarios de la Gobernación de Antioquia, ente financiador del proyecto a través del Sistema General de Regalías.



La química verde agrupa el diseño de soluciones, productos y procesos para reducir el uso de sustancias peligrosas. Privilegia el uso de tecnologías limpias y busca mitigar los efectos derivados de la actividad industrial.

Green Chemistry: a New Challenge



Green chemistry encompasses the design of solutions, products and processes to reduce the use of hazardous substances. It favors the use of clean technologies and seeks to mitigate the effects derived from industrial activity.

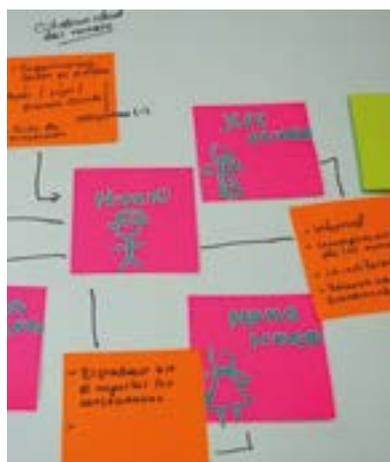
Green Chemistry: a New Challenge

from the Research and Transfer Department of the University, other researchers from the Environmental Research Group (GIA) and other allies start gathering, until the group of 17 people was complete. It was the first of many visits to the village of Santa Isabel in Remedios, Antioquia, and to other municipalities in the department, throughout the five years that this exercise lasted.

Almost 169 kilometers and about seven hours of travel separate Medellín from Santa Isabel, along the way that leads from this capital to the city of Bucaramanga. Everything prepared, a robust work schedule provided a day of hard work. On the way, a stop for breakfast. There we were joined by the Bioexplora team, partners in the initiative, and some officials from the Government of Antioquia, the project's financing entity through the General System of Royalties.

Al entable (sitio donde los pequeños mineros contratan la trituración, molienda y otras fases del proceso) llegamos cerca de las nueve de la mañana. Allí nos esperaba don Marcos de Jesús Osorio, aliado fundamental para el trabajo, pues su entable se convirtió en una especie de aula, en donde, gracias a su experiencia, pudimos comprender mejor el negocio minero y, además, adelantar estudios de los componentes ambiental y social.

Esa salida de campo marcó el inicio de mucho trabajo y gran aprendizaje alrededor de un proyecto que nos enseñaría sobre minería, biotecnología, medio ambiente y química verde, entre otros temas de relevancia actual. Trabajo que hasta el momento tiene, entre sus muchos logros, una [planta piloto](#) de biominería; una patente concedida por la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia a finales del 2021 al proceso para la separación de metales en una matriz sólida mediante lixiviación, es decir, una metodología para obtener una sustancia biológica que permite la extracción de minerales. También, un secreto industrial que protege lo que podríamos denominar la formulación de esa sustancia biológica; dos profesionales formados como doctores en Ingeniería, dos reconocimientos a la línea de innovación social y apropiación social del proyecto; además de las capacidades desarrolladas en la Universidad Pontificia Bolivariana para extraer minerales mediante procesos biológicos.



El Centro de Estudios y de Investigación en Biotecnología desarrolla soluciones para extraer minerales mediante métodos biológicos.

Espacios de co-creación posibilitaron el diálogo de saberes.

The Center for Studies and Research in Biotecnology develops solutions to extract minerals using biological methods.

We arrived at the entable (a place where the small miners hire the crushing, grinding and other phases of the process) around nine in the morning. Mr. Marcos de Jesús Osorio, a key partner for the work, was waiting for us there, since his own entable became a kind of classroom, where, thanks to his experience, we were able to better understand the mining business and carry out studies of the environmental and social components.

That field trip marked the beginning of a lot of work and great learning around a project that would teach us about mining, biotechnology, the environment and green chemistry, among other topics of current relevance. So far, this work has had many achievements among which are a biomining pilot plant; a patent granted by the Superintendence of Industry and Commerce of Colombia at the end of 2021 for the process of separation of metals in a solid matrix through leaching, that is, a methodology to obtain a biological substance that allows the extraction of minerals. Also, an industrial secret that protects what we could call the formulation of that biological substance; two professionals trained as PhDs in Engineering; two awards for the line of social innovation and social appropriation of the project; all of the former is in addition to the capabilities developed at the Universidad Pontificia Bolivariana to extract minerals through biological processes.

La agenda de ese día contempló una reunión previa para explicar generalidades de la minería, luego, la visita al entable, recolección de muestras iniciales, levantamiento de datos por parte de los equipos técnicos y, finalmente, el reconocimiento del terreno. Con esa información se desplegó todo un plan de acción por parte de los distintos frentes y componentes de la iniciativa.

El reto: tener una planta piloto de biominería

Federico Isaza Pérez, quien para el 2016 adelantaba sus estudios de pregrado en ingeniería química, relata que la tarea era aprovechar los caldos que producen los microorganismos para extraer un mineral: Lixiviar, en términos técnicos.

Para la lixiviación se requieren tres elementos: un sólido inerte, un soluto (lo que se ha de disolver) y un solvente, explican de forma detallada los investigadores en el capítulo "Minería cero mercurio" del libro *Salud pública: enfoque preventivo, integrado y práctico*, editado por la Editorial UPB. Y vaya si lo lograron. Nuestros expertos desarrollaron una metodología para obtener una sustancia biológica, un caldo, que extrae minerales. En este caso, oro.

The agenda for that day included a preliminary meeting to explain generalities about mining, then a visit to the site (entable), collection of initial samples, data collection by the technical teams and, finally, the ground reconnaissance. With this information, an entire action plan was deployed by the different fronts and components of the initiative.

The challenge: having a biomining pilot plant

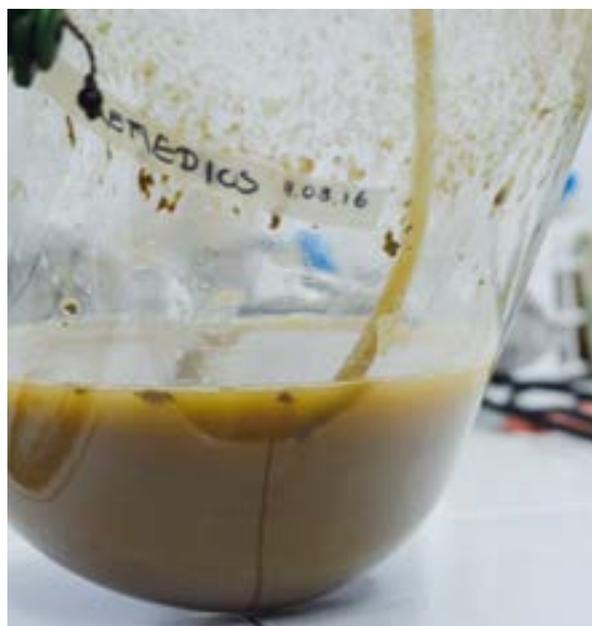
Federico Isaza Pérez, who in 2016 was advancing his undergraduate studies in chemical engineering, says that the task was to take advantage of the broths produced by microorganisms to extract a mineral, or, in technical terms, to leach.

Three elements are required for leaching: an inert solid, a solute (what has to be dissolved) and a solvent, as the researchers explain in detail in the chapter "Zero Mercury Mining" of the book *Public Health: Preventive, integrated and practical approach*, edited by Editorial UPB. And boy did they succeed. Our experts developed a methodology to obtain a biological substance, a broth, that extracts minerals. In this case, gold.



In Colombia, the use of mercury is regulated by regulations and laws such as the Minamata Convention on mercury, Decree 2133 of 2016, and Law 1658, which prohibits its use in the territory since July 16, 2016.

En Colombia el uso del mercurio está regulado por normas y leyes como el Convenio de Minamata sobre el mercurio, el Decreto 2133 de 2016, y la Ley 1658, que prohíbe su uso en el territorio desde el 16 de julio de 2016.



Cuenta la profesora Ramírez Carmona que el proyecto denominado *Diseño e implementación de prototipo de laboratorio de planta de procesamiento de oro cero mercurio en el marco de una estrategia de innovación social* fue financiado con recursos provenientes del Sistema General de Regalías y tuvo una inversión cercana a los 2.600 millones de pesos. "Este ejercicio convocó, por primera vez, a varios grupos de investigación y a todo el Sistema de Investigación y Transferencia de la UPB. Es decir, contamos desde el principio con el acompañamiento de un equipo de profesionales de diversas áreas del conocimiento, que fortaleció todo el componente de gestión tecnológica. Abogados, administradores, comunicadores y otros expertos estuvieron con nosotros durante todo ese proceso. Esa forma de trabajar permitió tener un resultado más potente".

Para este propósito, [Carlos Ocampo López](#) destaca que "un factor muy importante es poder comunicar el conocimiento, sobre todo cuando es de corte científico. En este proyecto se hizo un trabajo muy valioso y fue hacer una lectura de lo que nosotros como investigadores desarrollamos, capturar la información y llevar la trazabilidad del ejercicio a lo largo de todos los años. Eso facilitó, por ejemplo, la protección vía propiedad intelectual y el tener una línea de tiempo que nos mostrara cómo iba evolucionando el proceso".



Instalaciones de la planta piloto de minería cero mercurio de la UPB.

Professor Ramírez Carmona says that the project called Design and implementation of a laboratory prototype for a zero-mercury gold processing plant within the framework of a social innovation strategy was financed with resources from the General System of Royalties and had an investment close to 2,6 billion pesos. "This exercise brought together, for the first time, various research groups and the entire UPB Research and Transfer System. In other words, from the beginning we had the support of a team of professionals from various areas of knowledge, who strengthened the entire technological management component. Lawyers, administrators, communicators and other experts were with us throughout this process. This way of working allowed us to have a more powerful work."

For this purpose, Carlos Ocampo López highlights that "a very important factor is being able to communicate knowledge, especially when it is scientific in nature. In this project, a very valuable job was done: to read what we, as researchers, were able to develop, to capture the information and trace the exercise throughout all the years. That facilitated, for example, protection via intellectual property and the development of a timeline that would show us how the process evolves."

Pero no todo fue fácil en este camino, pues el desafío revestía cierta complejidad, anota la profesora Ramírez. Luego de muchos ajustes al proyecto, de convencer a su grupo de trabajo de embarcarse en esa aventura, el reto que enfrentaban era grande. "No se trataba de investigar para sacar un artículo, sino de generar impacto real en el contexto. Nosotros en el grupo veníamos con una transferencia de conocimiento previa, sabíamos cómo lixiviar otros metales, pero no el oro. Nunca habíamos ido a una mina. Nos tocó aprender y estandarizar procedimientos que ni siquiera estaban en los libros".

El método científico se puso a prueba y de qué manera. "Hubo un ensayo que montamos en el laboratorio, al cual le adicionamos un reactivo que no podíamos utilizar. El resultado fue que dañamos la muestra y nos tocó volver a empezar", cuenta la PhD. [Leidy Johanna Rendón Castrillón](#), quien obtuvo su doctorado en Ingeniería en el marco de esta investigación.

En la zona geográfica donde cursa el proyecto, la temperatura promedio varía entre los 20 °C y 32 °C, no hay brisa y la humedad es cercana al 90 %. Bajo un calor sofocante, un fuerte ruido por el golpe de las esferas de acero al manganeso en los molinos de bolas, y las explicaciones de don Marcos y de Luis Fernando Gómez Arroyave, de la empresa Bioexplora, la jornada de ese 28 de octubre fue transcurriendo.

Ilustración: Mary Pérez Mendoza



But not everything was easy on this path, because the challenge was somewhat complex, notes Professor Ramírez. After many adjustments to the project, after convincing their work group to embark on this adventure, the challenge they faced was great. "It was not about researching to get an article out, but about generating a real impact in the context. We in the group came with a previous transfer of knowledge, we knew how to leach other metals, but not gold. We had never been to a mine. We had to learn and standardize procedures that were not even in the books."

The scientific method was put to the test. And how! "We set up a trial in the laboratory, to which we added a reagent that we could not use. As a result, we damaged the sample and had to start over," says PhD. Leidy Johanna Rendón Castrillón, who obtained her doctorate in Engineering within the framework of this research.

In the geographical area where the project is taking place, the average temperature varies between 20 °C and 32 °C, there is no breeze and the humidity is close to 90%. Under suffocating heat, a loud noise from the impact of the manganese steel spheres in the ball mills, and the explanations of Don Marcos and Luis Fernando Gómez Arroyave, from the company Bioexplora, the day of that October 28 went by.

Sobre las cuatro de la tarde nos despedimos de don Marcos. Todos subimos al bus para retornar a Medellín. La salida de campo terminaba, pero en realidad, era solo el inicio de la tarea. Luego vinieron más viajes a Santa Isabel y a la vereda El Vapor, en Puerto Berrío, la otra zona elegida para el ejercicio. Faltaban muchos meses de trabajo, reuniones, espacios de formación, de ideación, experimentación, co-creación y demás acciones y estrategias necesarias para que los investigadores, desde la biotecnología y los componentes ambiental y social, sacaran adelante el proyecto.

Tecnología para transferir

En la actualidad, todas las técnicas que han sido fruto de esta iniciativa hacen parte del portafolio de tecnologías de la Universidad, y se encuentran catalogadas en un nivel de alistamiento tecnológico fase 7, lo que quiere decir que son prototipos funcionales que aseguran soluciones confiables para multinacionales y grandes empresas del sector minero, pero también para los pequeños mineros dueños de entables, como don Marcos, quienes acopian minerales, hacen procesos de extracción y prestan servicios a otros actores de la cadena.



Around four in the afternoon we said goodbye to Don Marcos. We all got on the bus to return to Medellín. The field trip ended, but in reality, it was only the beginning of the task. Then came more trips to Santa Isabel and the village of El Vapor, in Puerto Berrío, the other area chosen for the activity. Many months of work, meetings, spaces for training, ideation, experimentation, co-creation and other actions and strategies necessary for researchers, from biotechnology and environmental and social components, to carry out the project would be missing.

Technology to be transferred

At present, all the techniques that have been the result of this initiative are part of the University's technology portfolio, and are cataloged at a phase 7 technological readiness level, which means that they are functional prototypes that ensure reliable solutions for multinationals, large companies in the mining sector, or even small miners who own entables, such as Don Marcos, who stockpile minerals, carry out extraction processes and provide services to other actors in the chain.

Según cifras de la Asociación Colombiana de Minería (ACM), este sector creció en el segundo semestre de 2021 por encima de los dos dígitos. Datos que no se veían desde 2016. El caso del proyecto de minería cero mercurio es otro ejemplo de cómo se gestan desde la academia soluciones concretas, en el marco de la química verde, para el sector minero – energético del país, pues como reza el Convenio de Minamata suscrito en Japón en 2013, y aprobado en nuestro país mediante la Ley 11 de 2018: "El mercurio es un producto químico de preocupación mundial debido a su transporte a larga distancia en la atmósfera, su persistencia en el medio ambiente tras su introducción antropógena, su capacidad de bioacumulación en los ecosistemas y sus importantes efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente".

According to figures from the Colombian Mining Association (ACM), this sector grew above 2 digits in the second half of 2021, which had not occurred since 2016. The case of the 0 mercury mining project is another example of how concrete solutions are developed from the academy, within the framework of green chemistry, for the country's mining-energy sector, because as the Minamata Convention signed in Japan in 2013 and approved in our country through Law 11 of 2018 states: "Mercury is a chemical of global concern due to its long-distance transport in the atmosphere, its persistence in the environment after its anthropogenic introduction, its capacity to bioaccumulate in ecosystems and its significant adverse effects on human health and the environment."



Sustancia biológica, un caldo, logrado mediante lixiviación.



Este proyecto convocó diversos grupos de investigación y profesionales del Sistema de Investigación y Transferencia de la UPB.

Ficha técnica

Nombre del proyecto: Diseño e implementación de prototipo de laboratorio de planta de procesamiento de oro cero mercurio en el marco de una estrategia de innovación social.

Palabras clave: lixiviación; Mercurio; Oro; Biominería; Química verde.

Grupo(s) de Investigación: Centro de Estudios y de Investigación en Biotecnología (CIBIOT); Grupo de Investigación Ambientales (GIA).

Escuela: Ingenierías / **Seccional:** Medellín

Líder del proyecto: Margarita Enid Ramírez Carmona

Correo electrónico: margarita.ramirez@upb.edu.co

Data sheet

Project name: Design and implementation of a laboratory prototype for a zero-mercury gold processing plant within the framework of a social innovation strategy.

Keywords: leaching; mercury; gold; biominering; green chemistry.

Research group(s): Center for Studies and Research in Biotecnology (CIBIOT);

Environmental Research Group (GIA).

School: Engineering / **Campus:** Medellín

Project leader: Margarita Enid Ramírez Carmona

E-mail: margarita.ramirez@upb.edu.co