



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



SALTA, 29 de mayo de 2023

EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

VISTO:

Las presentes actuaciones relacionadas con el dictado del Curso de Posgrado, titulado "**MINERÍA: LEGISLACIÓN, GEOLOGÍA Y MANEJO RESPONSABLE**", en el marco de los cursos programados para el Doctorado en Ciencias Geológicas; y

CONSIDERANDO:

Que, el dictado de este Curso estará a cargo de la Dra. Josefina PLAZA CAZÓN (CINDEFI - UNLP - CONICET), como Directora responsable, con el siguiente Cuerpo Docente: Dr. Gonzalo CASTAÑEDA NORDMANN (INGEIS – Universidad de Buenos Aires), Esp. Gonzalo Mauro DE LA HOZ (UNSa), Dra. Natalia MARCHEVSKY (UNSL), Dra. Camila CASTRO (CINDEFI – UNLP - CONICET), Dra. Josefina PLAZA CAZÓN y Dra. Marcela RUSCITTI (INFIVE - UNLP - CONICET);

Que el presente Curso es de Posgrado, tiene una carga horaria de 40 (cuarenta) horas teóricas -prácticas;

Que tiene por objetivos:

- Conocer el sistema jurídico y legal de la actividad minera
- Tener un panorama de la situación actual de la minería en Argentina y en el NOA especialmente en Salta
- Acceder a información sobre los avances en tecnologías limpias para la obtención de metales pesados de interés económico
- Obtener herramientas prácticas para su aplicación en estudios de laboratorio y/o campo en biominería y tratamiento de residuos mineros
- Contribuir a que el participante tenga los conocimientos teóricos y prácticos para realizar un diagnóstico y evaluación de la contaminación ambiental minera
- Ilustrar en la aplicación de los conocimientos teóricos-conceptuales y las herramientas técnicas en casos concretos de estudios de minas activas y/o inactivas locales
- Despejar dudas con respecto a la minería como actividad productiva y ambientalmente sustentable;

Que la fecha de dictado se fija entre los días 31 de julio al 22 de septiembre de 2023;

Que la metodología del curso consistirá en el dictado de clases teórico- prácticas virtual Moodle, mediante la exposición de los contenidos de cada tema empleando diapositivas en Power Point y/o cualquier otro material pedagógico que el docente a cargo de cada tema considere necesario, también constará de ejercicios prácticos que se realizarán sobre casos hipotéticos y tendrán los siguientes objetivos: a) volcar los conocimientos teóricos adquiridos y b) generar el debate entre los miembros del grupo. Los participantes deberán cumplir con un mínimo de asistencia del 80 % a las clases virtuales teórico-prácticas. Los estudiantes deberán aprobar las consignas prácticas de cada asignatura y los recursos pedagógicos evaluativos de cada Tema.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

Asimismo, se realizará un trabajo práctico integrador grupal, que deberá ser expuesto y defendido para la aprobación del curso;

Que este curso está dirigido a estudiantes de las carreras de doctorado en Ciencias Biológicas y Geología y profesionales afines. El cupo es de 18 participantes como mínimo y 30 participantes como máximo.

Que se fijan los siguientes aranceles:

- Alumnos de Posgrado FCN: \$7.500 (pesos siete mil quinientos)
- Personal de Organismos Públicos: \$10.000 (pesos diez mil)
- Otros graduados y Personal de empresas: \$15.000 (pesos quince mil);

Que a fs. 46 vta. de estas actuaciones obra Dictamen de la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Geológicas que dice: **"... Esta comisión recomienda la aprobación del curso y a la dra. Plaza Cazón como coordinadora. Se aprueba la distribución de gastos según el presupuesto y cupo."**;

Que a fs. 48 obra Dictamen de la Comisión de Docencia y Disciplina, en igual sentido;

Que a fs. 49 obra Despacho de Consejo y Comisiones N° 0333/2023, que informa que el Consejo Directivo de esta Facultad en su Reunión Ordinaria N° 6-23 del 16 de mayo de 2023, APROBÓ el Despacho de la Comisión de Docencia y Disciplina de fs. 48;

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
(En su Reunión Ordinaria N° 6-23 del 16 de mayo de 2023)

ARTÍCULO 1°.- AUTORIZAR el dictado del Curso de Posgrado N° 10 -23 titulado: **"MINERÍA: LEGISLACIÓN, GEOLOGÍA Y MANEJO RESPONSABLE"**, a cargo de la Dra. Josefina PLAZA CAZÓN (CINDEFI - UNLP - CONICET), como Directora responsable, con el siguiente Cuerpo Docente: Dr. Gonzalo CASTAÑEDA NORDMANN (INGEIS – Universidad de Buenos Aires), Esp. Gonzalo Mauro DE LA HOZ (UNSa), Dra. Natalia MARCHEVSKY (UNSL), Dra. Camila CASTRO (CINDEFI – UNLP - CONICET), Dra. Josefina PLAZA CAZÓN y Dra. Marcela RUSCITTI (INFIVE - UNLP - CONICET), en el marco de los cursos programados para el Doctorado en Ciencias Geológicas.

ARTÍCULO 2°.- APROBAR los objetivos, modalidad, programa, bibliografía y demás aspectos particulares de este Curso de Posgrado, que obran en fs. 2 a 20 y que como Anexo I forman parte de la presente.

ARTÍCULO 3°.- INDICAR que este curso tiene una carga horaria de 40 (cuarenta) horas teóricas -prácticas. La fecha de dictado se fija entre los días 31 de julio al 22 de septiembre de 2023;

Se requerirá el 80 % de asistencia como mínimo a las clases virtuales teóricas-prácticas;

Está dirigido a estudiantes de las carreras de doctorado en Ciencias Biológicas y



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

Geología y profesionales afines. –

ARTÍCULO 4°.- FIJAR los siguientes aranceles:

\$7.500 (pesos siete mil quinientos): Alumnos de Posgrado FCN.

\$10.000 (pesos diez mil): Personal de Organismos Públicos.

\$15.000 (pesos quince mil): Otros graduados y Personal de empresas

Cupo:

Máximo: 30 participantes.

Mínimo: 18 participantes.

El pago del arancel debe realizarse en la Dirección General Administrativa Económica de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.

ARTÍCULO 5°.- DESIGNAR como Coordinadora Académica de este Curso a la Dra. Josefina PLAZA CAZÓN, por las razones mencionadas en el exordio.-

ARTÍCULO 6°.- ESTABLECER la distribución de los fondos generados por aranceles de este Curso de Posgrado, de acuerdo a lo dispuesto en la R-CDNAT-2015-539, de la siguiente manera:

- 5% a la Cuenta "Ingresos No Tributarios" de la Facultad de Ciencias Naturales.

- 95% para el desarrollo del presente Curso de Posgrado: Se deberán atender los siguientes rubros:

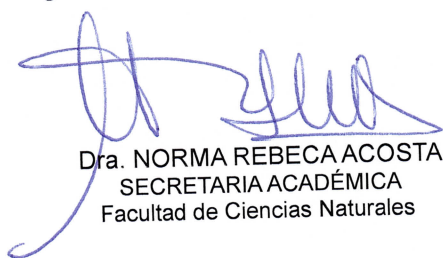
1.- 70%: Gastos en concepto de Pasajes, Viáticos, Traslados en taxi o similares, honorarios, gastos de cafetería, gastos de librería.

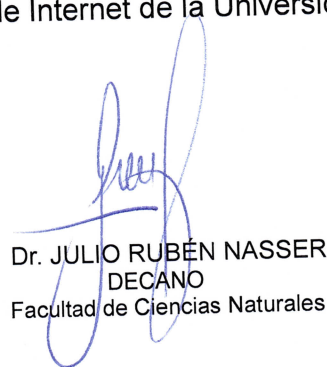
2.- 20% para la Escuela de Posgrado para atender contratos del personal de apoyo universitario.

3.- 5% para la carrera que organiza la actividad.

ARTÍCULO 7°.- HÁGASE SABER a los mencionados en la presente, remítanse copias a la Escuela de Posgrado, Dirección Administrativa Económica, Tesorería General de la Universidad, y siga a Dirección Administrativa de la Escuela de Posgrado, para que, a través de la Directora del Curso, informe la nómina de participantes y los resultados obtenidos.

ARTÍCULO 8°.- PUBLÍQUESE en la página de Internet de la Universidad Nacional de Salta.
ifa/cng.


Dra. NORMA REBECA ACOSTA
SECRETARIA ACADÉMICA
Facultad de Ciencias Naturales


Dr. JULIO RUBÉN NASSER
DECANO
Facultad de Ciencias Naturales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

ANEXO I

CURSO DE POSGRADO: "MINERÍA: LEGISLACIÓN, GEOLOGÍA Y MANEJO RESPONSABLE"

Objetivos del Curso

- Conocer el sistema jurídico y legal de la actividad minera
- Tener un panorama de la situación actual de la minería en Argentina y en el NOA especialmente en Salta.
- Acceder a información sobre los avances en tecnologías limpias para la obtención de metales pesados de interés económico
- Obtener herramientas prácticas para su aplicación en estudios de laboratorio y/o campo en biominería y tratamiento de residuos mineros
- Contribuir a que el participante tenga los conocimientos teóricos y prácticos para realizar un diagnóstico y evaluación de la contaminación ambiental minera
- Ilustrar en la aplicación de los conocimientos teóricos-conceptuales y las herramientas técnicas en casos concretos de estudios de minas activas y/o inactivas locales
- Despejar dudas con respecto a la minería como actividad productiva y ambientalmente sustentable

Fundamentación

La actividad minera metalífera históricamente y hasta los años 1990 estuvo presente en el territorio argentino con un desarrollo intermitente y a pequeña escala salvo excepciones como mina El Aguilar (Jujuy) y Farallón Negro (Catamarca), que siguen en actividad hasta la fecha. En 1993 con la sanción de la Ley 24.196 de Inversiones Mineras, se garantizó estabilidad tributaria y fiscal a los inversores por un periodo de 30 años, motivando un crecimiento sostenido y continuo en la exploración, impulsando el estudio de más de 350 proyectos y posibilitando la puesta en marcha de otros. En los últimos 5 años en la Argentina 21 yacimientos se encontraban o encuentran en producción, de los cuales 6 se consideran depósitos tipo World Class (Bajo La Alumbraera, Cerro Vanguardia, Veladero, Cerro Negro, Salar del Hombre Muerto y Olaroz). Es importante destacar que el 48% de estos proyectos fueron descubiertos luego del cambio legislativo de 1993 que fomentó la exploración minera e impulso la puesta en producción de 16 de los 21 proyectos (76%), dado que solo el 14% registraba producción previa. Aparte de estos 21 yacimientos debemos mencionar que hay 15 proyectos mineros, que se encuentran en etapa de construcción o factibilidad y 12 son depósitos nuevos que fueron descubiertos a partir de la década del '90, evidenciando la importancia de la exploración minera en los últimos 30 años. Entre estos proyectos se debe destacar los que se encuentra en la provincia de Salta, como Lindero, Taca Taca, Rio Grande y Salar de Rincón. De este análisis podemos decir que la ocurrencia de estos 36 depósitos destacados, no solamente están vinculados a



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

factores geológicos, sino también a factores sociales, culturales y políticos de las provincias que están a favor de la minería. Esto permite asignar posiciones de provincias mineras, donde actualmente Santa Cruz que lidera la actividad y le siguen en menor medida Jujuy, San Juan y Catamarca con yacimientos en producción actual, y si sumamos los proyectos avanzados, Salta se sumaría en un corto plazo como una provincia minera de importancia. En Salta, Lindero es el primer proyecto metalífero de envergadura que se encuentra en su fase inicial de producción, dando lugar a una nueva etapa minera para la provincia, que tradicionalmente se caracterizó por su enorme potencial en la producción de boratos con los yacimientos de Sijes y Tincalayu. Dentro de los yacimientos más importantes en etapas avanzadas de exploración y prefactibilidad/factibilidad se debe mencionar a Taca Taca, Rio Grande, Diablillos (Proyecto Abra Plata), El Quevar, Salar del Rincón, Salar de Lullaillaco (Proyecto Mariana), Salar de Pozuelos (Proyecto Lítica), Salar de Pastos Grandes (Proyecto Millennial), Salar de Centenario Ratonos (Proyecto Eramet), Salar de Diablillos (Proyecto PLASA-SESA), Salar de Hombre Muerto (Proyecto Posco). Los metales están presentes en la naturaleza bajo distintas formas químicas y minerales. Para su extracción, usualmente se emplean metodologías tradicionales como la pirometalurgia, hidrometalurgia y electrometalurgia. En las últimas décadas se ha incrementado el interés en el desarrollo de nuevas metodologías extractivas para el reemplazo total o parcial de las metodologías tradicionales con el fin de disminuir el impacto ambiental de los procesos mineros. En esta línea se encuentra la biominería, que comprende una serie de procesos microbiológicos que pueden ser utilizados para la recuperación de metales a partir de los minerales. En el caso de minerales sulfurados de baja ley, la biominería es claramente más rentable y con menor impacto ambiental. Dentro de estas metodologías se destacan dos tipos de operaciones diferentes: la biolixiviación y la biooxidación. En el primer caso, la acción de los microorganismos sobre el mineral provoca la disolución de la sustancia de interés. Mediante esta tecnología pueden recuperarse metales como cobre, cobalto, cinc, níquel, uranio, etc. En la biooxidación la acción microbiana se utiliza para disolver las especies que ocluyen a una especie de interés. Es aplicada principalmente para la recuperación de oro y plata, que generalmente se encuentran ocluidos en matrices de sulfuros como piritita o arsenopiritita. En ambos procesos los microorganismos solubilizan los metales esencialmente a través de ataques oxidantes y/o ácidos. Estos microorganismos presentan algunas características en común: son acidófilos; toleran altas concentraciones de metales y son quimiolitotróficos, es decir, utilizan compuestos inorgánicos para su crecimiento además de fijar CO₂ de la atmósfera. El mayor beneficio de la biominería es que evita la producción de relaves, que son los desechos tóxicos de los procesos mineros. Asimismo, evita la emisión de vapores tóxicos a la atmósfera, utiliza menos agua y requiere menor inversión de capital que los métodos convencionales. Hoy en día la biominería es una biotecnología establecida y aplicada mundialmente, su desarrollo representa un gran paso para reducir los costos asociados a la producción de metales y, también, para continuar avanzando en la protección de nuestros recursos naturales. Por otro lado, todas las actividades metalíferas generan drenajes ácidos de minas (DAM) y desechos mineros (colas de mineral, escombreras, etc). El drenaje ácido de minas (DAM) es agua ácida que se genera en ambientes



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

mineros, posee pH entre 2 – 4 y elevadas concentraciones de metales que pueden resultar tóxicos para el medio ambiente circundante. La oxidación de pirita (FeS_2) ante la presencia de oxígeno, agua meteórica y bacterias es el principal mecanismo responsable de la generación de acidez en el agua, la liberación de metales y su puesta en solución. En presencia de bacterias acidófilas (existentes a $\text{pH} < 7$) acelera la oxidación de pirita se ya que aumenta la cinética de la reacción que en comparación con la oxidación abiótica, es mucho más rápida. Debido a que en los procesos de beneficio mineral la pirita tiene nulo interés económico, hay un aumento de su concentración en los desechos mineros. Así, el DAM se genera principalmente en escombreras y diques de colas, pero también en open pits, labores subterráneas y pilas de stock. Los casos de DAM en el Noroeste de nuestro país corresponden principalmente a minas fuera de actividad y que fueron explotadas desde tiempos coloniales hasta la década de 1990 aproximadamente. Se trata de minas de pequeña escala donde se extraían metales base primordialmente (Pb-Ag-Zn) como la Mina Concordia, la Planta de Tratamiento La Poma y la Mina Pan de Azúcar que se ubican en la Puna de Salta y Jujuy. Entre las prácticas de manejo sustentable de los drenajes ácidos de minas (DAM) se encuentran las prácticas de prevención, de remediación y de reuso y recuperación de recursos. Las prácticas de prevención implican suprimir uno de los factores que intervienen en la generación de DAM tales como la disponibilidad de O_2 , H_2O y/o microorganismos. Las barreras de oxígeno es una de las técnicas más empleadas para la limitar la disponibilidad de O_2 a los desechos mineros ricos en sulfuros. La actividad microbiana es otro factor se debería suprimir esto puede lograrse mediante la aplicación de bactericidas, los más usados son los surfactantes o detergentes y los ácidos orgánicos. Mientras que en las prácticas de remediación de DAM se emplean bacterias sulfato reductoras (SRB por sus siglas en inglés). Estas bacterias producen sulfuro de hidrogeno por reducción del SO_4^{2-} . Los sulfuros producidos reaccionan con los metales solubles en el DAM, precipitando como sulfuros metálicos, al mismo tiempo los H^+ del DAM reaccionan con los OH^- y HCO_3^- aumentando el pH. Otro sistema altamente efectivo para la remoción de metales pesados y sulfatos son los wetlands o humedales construidos. Lamentablemente éste último sistema no puede ser aplicado para la remediación de DAMs en ambientes áridos o semiáridos. Dentro de las tecnologías de remediación, la fitorremediación, permite la biorrecuperación de ambientes naturales previamente contaminados con xenobióticos, utilizando la capacidad metabólica de los microorganismos (bacterias, hongos, levaduras y algas) y algunas plantas, en presencia de oxígeno y nutrientes suministrados para acelerar los procesos de biodegradación natural. En síntesis, es un proceso que utiliza organismos vivos y sus aptitudes metabólicas para eliminar o neutralizar los contaminantes del ambiente, con mucha aplicación en sitios contaminados con metales pesados (MP). Para comprender esta tecnología es sumamente importante conocer los efectos de los contaminantes sobre el medioambiente y especialmente sobre las plantas. Los principales efectos nocivos de los MP sobre las plantas son la inactivación de las proteínas por alteración de su estructura (desnaturalización), el desplazamiento de los elementos esenciales por los metales no esenciales, generando deficiencias y estrés oxidativo. Las plantas han desarrollado diferentes mecanismos para tolerar el estrés que generan los MP. En este sentido,



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

algunas plantas adoptan estrategias de exclusión para evitar la absorción excesiva. Estas plantas usualmente acumulan concentraciones relativamente bajas de metales en sus tejidos, aunque crezcan en suelos altamente contaminados. Las raíces de otras plantas secretan compuestos orgánicos que pueden ligar los metales en el suelo y reducir la absorción de las células radicales. Otras plantas pueden retener los metales en las paredes celulares de la raíz, reduciendo así su traslocación a la parte aérea. Algunas otras pueden absorber cantidades elevadas de metales y transportarlos a los tallos, los iones metálicos son detoxificados por compartimentalización vacuolar o acoplados con ligandos orgánicos, como ácidos orgánicos, aminoácidos y péptidos, los cuales pueden reducir la toxicidad. A través de la formación de estos complejos las plantas regulan la entrada y transporte o detoxifican el metal y toleran determinados contenidos en orgánulos intracelulares. Teniendo en cuenta el contexto actual y futuro minero del Noroeste Argentino, es necesario formar profesionales para abordar y dar soluciones a problemas productivos mineros y de contaminación ambiental durante las diferentes etapas de explotación minera e inclusive durante el cierre y post cierre de la mina.

Contenidos

TEMA 1: Sistema jurídico y legislación asociado a la Minería Conocimiento general del Derecho Minero, las normativas Nacionales y Provinciales. Qué necesitamos saber para hacer minería? Quién puede hacer minería? Requisitos, Derechos y Obligaciones del Minero. Stakeholders del Negocio Minero. Contratos Mineros.

Objetivos

- Generar conocimientos básicos sobre el derecho minero, las características especiales y su comparación con regímenes similares.
- Conocer los derechos y obligaciones del Minero. - Conocer las obligaciones ambientales de las normas vigentes para la actividad.

Comprender en términos generales el negocio minero y los distintos contratos que se celebran en la actividad.

Contenidos: Caracteres especiales del derecho minero. Introducción. Conceptos legales que se deben conocer. Trámites de Concesión Minera. Cómo se adquiere una mina o una cantera?. Normativa minera nacional y provincial. Repaso de las mismas y principales obligaciones del minero. Trámites del Estudio de Impacto Ambiental y Social en Minería. Normativa Ambiental. Negocio y Contratos Mineros. Normativa específica de litio en Argentina y en Salta. Desafíos a futuro.

Práctico 1: Trámites necesarios para la inscripción en registro minero.

Práctico 2. Trámites necesarios para la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental y Social en Minería

Docente a cargo: Dr. Gonzalo Castañeda Nordmann

TEMA 2: Geología Minera, etapas de la actividad minera, desde el descubrimiento al cierre de mina. Situación de la Minería metalífera en Argentina La actividad minera cuenta con diferentes etapas, que se inicia con la búsqueda del mineral, su descubrimiento, la determinación de su cantidad y calidad. Terminada la exploración se realiza un estudio de factibilidad, que abarca todos los aspectos del proyecto y es la



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

que decide el futuro del proyecto. Si el estudio de factibilidad es positivo, se construye el proyecto y se inicia la etapa de producción. Al término de esta vida útil de una mina se debe proceder al cierre de la mina, que es la última etapa de un proyecto minero (Código de Minería, artículo 249). Dado que uno de los componentes más relevantes de esa etapa de cierre es la remediación ambiental, en la actualidad, hay un consenso general respecto a que el cierre de una mina debe ser realizado de forma planificada desde la concepción del proyecto, considerando sus aspectos ambientales, sociales, culturales y económicos, entre otros, y brindando además amplia participación a los grupos de interés involucrados. Un aspecto importante de planificación para el cierre de mina, es el control de estériles. El material estéril en una mina es aquel que no tiene un valor económico y se debe descartar, disponiéndolo en las escombreras o botaderos durante la etapa de producción de la mina. El estéril tiene el potencial de generar drenaje ácido de minas (DAM), lo que puede a futuro generar impacto ambiental en la calidad de los suelos, ríos y aguas subterráneas una vez que la mina cesa su producción. Actualmente la minería moderna el control de estériles se planifica en muchos casos desde la etapa de exploración del yacimiento. Argentina es un país que gradualmente está evolucionando de una economía netamente agroganadera a una economía en la que la industria minera realiza un importante aporte a la economía nacional. En los últimos 5 años en la Argentina 21 yacimientos se encontraban o encuentran en producción, y a estos se le deben sumar numerosos proyectos que se encuentran en etapas de exploración.

Objetivos

- Comprender las principales etapas de la actividad minera y cuál es el impacto que estas tendrán al momento del cierre de mina.
- Analizar las diferentes técnicas y operaciones para realizar un buen control de estériles y evitar el DAM luego del cierre de la mina.
- Conocer la situación de la actividad minera en el territorio Argentino.

Contenidos: Situación actual de la minería metalífera en la República Argentina. Geología Minera. Etapas de la actividad minera; Exploración, construcción, producción y cierre de mina. Diques de cola y botaderos. Tratamiento y beneficio de minerales: lixiviación y flotación. Control de estériles. Minerales generadores de ácido y neutralizadores de ácidos. Pruebas predictivas; Test NAG (Net Acid Generation) y ANC (Acid Neutralizing Capacity). Diseño y planificación de botaderos. Cierre de mina y rehabilitaciones de botaderos. Historia del litio, usos y aplicaciones. Yacimientos y distribución del litio en el planeta. Génesis de los salares y depósitos de litio asociados a salmueras. Condiciones hidrogeológicas de la Puna balance hidrológico. Métodos de tratamiento y beneficio para la obtención de carbonato de litio.

Prácticos: Plan de Cierre de mina. Diseño y Planificación de botaderos.

Docente a cargo: Geol. Gonzalo Mauro de la Hoz

TEMA 3: Geoquímica y mineralogía de los desechos mineros y generación de drenaje ácido de minas Los desechos mineros constituyen volúmenes importantes de roca y sedimentos que son depositados en los alrededores de los yacimientos metalíferos como resultado del procesamiento mineral y explotación minera. Estos desechos contienen minerales metalíferos que no son económicamente aprovechables y generalmente representan un riesgo ambiental. La exposición de estos minerales a



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

condiciones atmosféricas donde hay un incremento en el contacto con el agua y oxígeno, genera reacciones de alteración que disminuyen el pH del agua y aumenta la solubilidad de metales produciendo drenaje ácido de minas (DAM). El DAM puede generar impacto ambiental en la calidad de los suelos, ríos y aguas subterráneas no solo en las inmediaciones de los sitios mineros, sino que puede trasladarse varios kilómetros de distancia. Mientras que la vida útil de los yacimientos mineros puede ser de una decena o veintena de años, la generación del DAM y sus efectos pueden permanecer por tiempos aún más prolongados. En el NOA existen pasivos mineros donde se observa la generación de DAM e impacto ambiental que deben ser remediados, pero que también deben ser considerados para prevenir situaciones similares en minas activas en la región o en proyectos mineros a futuro.

Objetivos

- Generar conocimientos básicos sobre los distintos tipos de desechos mineros, su mineralogía, geoquímica y procesos de oxidación
- Conocer los principios básicos de la interacción agua-roca en la generación de DAM y sus características geoquímicas principales.
- Comprender la escala espacio-temporal en la generación de DAM y sus efectos sobre el medio ambiente.

Contenidos: Diferencias entre drenaje ácido de roca o natural y drenaje ácido de minas. Mineralogía de los desechos mineros. Clasificación de desechos mineros (diques de colas, escombreras) y sus principales características. Metodología de muestreo de desechos mineros. Drenaje ácido de minas y procesos de transporte de metales en solución acuosa. Metodología de muestreo de DAM. Potencial de acidez de desechos mineros y predicción. Movilidad de metales en ríos y agua subterránea en áreas afectadas por la actividad minera. El modelado geoquímico de DAM. Diferentes procesos de obtención de litio.

Prácticos: cálculos del potencial de generación de acidez y uso de PHREEQC.

Docente a cargo: Dra. Natalia Marchevsky

Tema 4: Biominería: los microorganismos en la extracción de metales La biominería comprende una serie de procesos microbiológicos que pueden ser utilizados para la recuperación de metales a partir de los minerales. Esta alternativa, de menor impacto ambiental y que requiere menor infraestructura y recursos que las tecnologías tradicionales, puede ser incluso usada con éxito para minerales de muy baja ley. En los procesos extractivos de biolixiviación y biooxidación, los microorganismos solubilizan los metales esencialmente a través de ataques oxidantes y/o ácidos. El mayor beneficio de estas tecnologías es que evita la producción de relaves, que son los desechos tóxicos de los procesos mineros. Asimismo, evita la emisión de vapores tóxicos a la atmósfera desde los hornos de fundición. Además, utiliza menos agua y requiere menor inversión de capital que los métodos convencionales. El desarrollo de procesos de biolixiviación y biooxidación representa un gran paso para reducir los costos asociados a la producción de metales y, también, para continuar avanzando en la protección de nuestros recursos naturales.

Objetivos

- Adquirir nociones básicas sobre metodologías tradicionales en minería metalífera y alternativas biológicas para la recuperación de metales.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

- Discutir el rol de los microorganismos en los procesos de biolixiviación y biooxidación.
 - Conocer las características de los microorganismos biomineros.
 - Interiorizar en los distintos tipos de aplicaciones comerciales biomineras. Discusión de aplicaciones utilizadas en otros países y potencialidades en el sector minero argentino.
- Contenidos: Utilización de metales. Metales en la naturaleza. Tratamiento de minerales metalíferos: metodologías tradicionales. Biominería: historia y fundamentos. Procesos biomineros: biolixiviación y biooxidación. Mecanismos globales. Microorganismos involucrados en procesos biomineros. Características generales. Estrategias de búsqueda y selección de microorganismos mineros en ambientes nativos. Cinéticas de crecimiento sobre hierro y sobre azufre. Mecanismos de acción microbiana. Interacción microorganismo-mineral. Tipos de tecnologías empleadas para la recuperación de metales utilizando microorganismos. Procesos irrigados y tanques agitados. Aplicaciones comerciales biomineras. Microorganismos aislados de los salares vinculados al litio y sus posibles aplicaciones en la biominería.
- Prácticos: Capacitación en el monitoreo del crecimiento de microorganismos y evaluación de la capacidad de recuperación de metales y de litio.
- Docente a cargo: Dra. Camila Castro

Tema 5: Tratamiento de drenajes ácidos de minas. Restauración de sitios contaminados con metales pesados El drenaje ácido de minas (DAM) es un lixiviado ácido rico en metales que resulta de la exposición de minerales sulfurados al aire y al agua. El DAM se produce en minas abandonadas y en operación. El DAM, puede contaminar cursos de agua superficial y subterránea que afectan seriamente los ecosistemas de los alrededores e incluso la salud de los seres humanos. Por lo tanto, es necesario estudiar diferentes medidas que minimicen los impactos ambientales generados por los DAMs. En éste sentido, existen tratamientos de prevención de la generación de DAM, que se basan en estrategias para evitar la oxidación de la pirita. Algunas de ellas son: 1) barrera de oxígeno, 2) bactericidas, 3) neutralización, 4) tratamiento pasivo con cobertura orgánica, 5) microencapsulados, entre otras. Cuando el DAM se genero, existen tratamientos físicos- químicos que pueden aplicarse pero producen desechos secundarios como lodos lo que implica un costo adicional en su disposición final. Pero hay una gran oferta de tratamientos biológicos con las siguientes ventajas: 1) la permanente capacidad de remover metales y sulfatos del DAM y 2) la posibilidad de recuperar o reciclar metales pesados de interés económico presentes en el DAM como en otros residuos mineros.

Objetivos

- Conocer las características principales de las diferentes estrategias de prevención y remediación de drenaje ácidos de minas (DAMs)
 - Discutir posibles aplicaciones de prevención y tratamiento de DAM como así también de reciclaje y/o reuso de desechos mineros en los pasivos ambientales mineros del NOA
- Contenidos: Diferentes prácticas de manejo sustentable de DAM. Prácticas de Prevención. Prácticas de Remediación. Prácticas de reuso, recuperación de recursos. Prácticas de prevención. Barreras de oxígeno. CCBE capillary barrier effect. Diferentes ejemplos de barreras de difusión del oxígeno. Ventajas y desventajas de su aplicación. Prácticas de prevención. Bactericidas. Surfactantes, detergentes, compuestos orgánicos. Efectos en el crecimiento en medio líquidos de *Acidithiobacillus ferrooxidans*.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

Efectos en la formación de biofilms. Bactericidas de origen biológicos. Casos de aplicación. Ventajas y desventajas. Prácticas de Remediación de DAM. Aplicación de microorganismos para la remediación de DAM. Bacterias Sulfato Reductoras (SRB): características generales de crecimiento. Descripción del proceso de producción de sulfuro de hidrógeno y alcalinidad por las SRB y su importancia en la remoción de metales pesados de DAM. Casos concretos de aplicación de SRB en la bioprecipitación de metales pesados. Ventajas y Desventajas. Prácticas de Remediación de DAM. Aplicación de biosorción para la remediación de DAM. Qué es la biosorción?. Características principales que deben reunir un biosorbente. Pre tratamientos de los biosorbentes. Estudios en lote. Cinéticas. Estudios de Equilibrio. Estudios en columnas. Modelos matemáticos. Ventajas y Desventajas de la biosorción. Prácticas de Remediación de DAM. Sistemas Wetlands. Definición de Wetlands. Diferentes tipos de sistemas Wetlands. Clasificación de acuerdo a características hidráulicas. Clasificación de acuerdo a las características del agua residual. Cómo funciona un sistema Wetlands?. Procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en un sistema Wetlands. Parámetros medir para evaluar su funcionamiento. Casos concretos de aplicación de un sistema Wetlands. Ventajas y Desventajas. Prácticas de reuso y recuperación de recursos mineros. Cómo puede la industria minera crear nuevo valor económico, minimizar sus impactos sociales y ambientales y disminuir el volumen de residuos mineros generados?. Rehabilitación de sitios mineros. Casos concreto en el mundo. Impactos ambientales de la exploración/explotación minera de litio en los humedales y recursos hídricos de la Puna Argentina.

Prácticos: Capacitación en el tratamiento de DAM mediante biosorción

Docente a cargo: Dra. Josefina Plaza Cazón

Tema 6: Fitorremediación. Los pasivos mineros, especialmente las escombreras y las colas del tratamiento, como el drenaje ácido de minas (DAM) si no se tratan adecuadamente, pueden diseminarse e impactar en el medio ambiente a través de la dispersión del polvo y/o a la lixiviación del mineral, afectando negativamente la calidad de las aguas, de los suelos, del aire y de los ecosistemas que los contienen. El exceso de metales pesados puede producir diversos efectos tóxicos sobre las plantas, como inhibir el crecimiento de la parte aérea y de la raíz, causar clorosis de hojas, alterar procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la transpiración, e incrementar la liberación de electrolitos de las células por daño a las membranas celulares. Sin embargo, las plantas han desarrollado mecanismos para morigerar los efectos adversos de los metales pesados, usando diferentes estrategias. Algunas especies vegetales adoptan estrategias de exclusión para evitar la absorción excesiva y el posterior transporte de los iones metálicos. Estas plantas usualmente acumulan concentraciones relativamente bajas de metales en sus tejidos, aunque crezcan en suelos altamente contaminados. Las raíces de algunas especies secretan compuestos orgánicos que pueden ligar los metales pesados y reducir la absorción de las células radicales. Otras plantas pueden retener los metales en las paredes celulares, reduciendo así su traslocación a la parte aérea. Por el contrario, algunas raíces pueden absorber cantidades elevadas de metales y transportarlos a los tallos, los iones metálicos son detoxificados por compartimentalización vacuolar o acomplexados con ligandos orgánicos, como ácidos orgánicos, aminoácidos y péptidos, los cuales pueden reducir la toxicidad. Estos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

diferentes mecanismos de las plantas son usados en la fitorremediación, que es una técnica de remediación basada en el uso de plantas con el propósito de eliminar, contener, degradar, transformar o hacer inofensivos una amplia variedad de contaminantes ambientales (orgánicos o inorgánicos) presentes en suelos, sedimentos, aire, aguas superficiales y profundas.

Objetivos

- Conocer las respuestas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de las plantas ante la presencia de elevadas concentraciones de metales pesados en el ambiente, para su potencial uso como especies fitorremediadoras.
- Analizar las diferentes estrategias empleadas por las plantas para establecer un programa eficiente de fitorremediación. Contenidos: Introducción: Efecto de la contaminación por metales pesados en las plantas. Biorremediación y Fitorremediación: ventajas, limitaciones y aplicaciones. Tipos de fitorremediación: fitoextracción, rizofiltración, fitotransformación, fitodegradación, fitoestimulación, fitoestabilización. Estrategias de las plantas utilizadas en programas de fitorremediación. Uso de plantas y microorganismos para limpiar suelos contaminados: consorcios microbianos. Efecto de la contaminación por metales pesados en plantas. Características de las plantas utilizadas, determinaciones y muestreo. Estrategias de fitorremediación usadas en Argentina y el mundo, casos de estudio. La minería del litio, un caso particular. Análisis de los principales impactos ambientales que genera ésta actividad en sus diferentes etapas. Caracterización del ambiente para la valoración de estos impactos. Posibles acciones para reducir o remediar los impactos
Prácticos: determinaciones fisiológicas y bioquímicas que pueden realizarse en las plantas para conocer sus estrategias y su capacidad como fitorremediadoras.
Docente a cargo: Dra. Marcela Ruscitti

Metodología de enseñanza

Las clases teóricas-prácticas se realizarán mediante la exposición de los contenidos de cada tema empleando diapositivas en Power Point y/o cualquier otro material pedagógico que el docente a cargo de cada tema considere necesario. El material de estudio será recibido por los alumnos mediante el aula virtual Moodle. La exposición de los temas tenderá a estimular la participación de los alumnos con preguntas y comentarios. También constará de ejercicios prácticos que se realizarán sobre casos hipotéticos y tendrán los siguientes objetivos: a) volcar los conocimientos teóricos adquiridos y b) generar el debate entre los miembros del grupo.

Instancias de evaluación

Los participantes deberán cumplir con un mínimo de asistencia del 80% de las clases virtuales teóricas-prácticas. Los estudiantes deberán aprobar las consignas prácticas de cada asignatura y los recursos pedagógicos evaluativos de cada Tema. Asimismo, se realizará un trabajo práctico integrador grupal, que deberá ser expuesto y defendido por cada integrante del grupo para la aprobación del curso.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

Requisitos de aprobación del curso

Se otorgará certificado de asistencia a los alumnos que alcancen el 80% de asistencia a clases. Se otorgará certificado de Aprobación a los graduados que cumplan con la asistencia requerida y la aprobación del examen integrador.

Destinatarios del Curso

Estudiantes de las carreras de doctorado en Ciencias Biológicas y Geología y profesionales afines

Cupo: El cupo máximo, 30 personas. Cupo mínimo, 18 personas.

Carga Horaria Total

Carga horaria total: 40 hs. teórico-prácticas

Modalidad de dictado

Virtual a través de plataforma moodle. Teórico-práctico, con una duración de 40 horas. El curso está dividido en 6 temas. Cada tema tendrá una duración de 5 horas semanales (3 horas semanales teóricos-práctico) y se habilitarán 2 horas de aula virtual semanales por tema para consultas exclusivas para la realización del trabajo práctico. Al finalizar el curso se realizará un trabajo final integrador 10 hs.

CRONOGRAMA

| Año 2023 | | | | | |
|--|---|--------|---|--------|--|
| TEMA | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES |
| TEMA 1: Sistema jurídico y legislación asociado a la Minería | 31 de julio 17:00 a 19:00 (teórico práctico) | | 2 de agosto 17:00 a 19:00 (aula virtual) | | 4 de agosto 18:00 a 19:00 (teórico-práctico) |
| TEMA 2: Geología Minera, etapas de la actividad minera, desde el descubrimiento al cierre de mina. Situación de la Minería metalífera en Argentina | 7 de agosto 17:00 a 19:00 (teórico práctico) | | 9 de agosto 17:00 a 19:00 (aula virtual) | | 11 de agosto 18:00 a 19:00 (teórico-práctico) |
| No hay actividad por feriado de Paso a la Inmortalidad del Gral San Martín | 14 de agosto | | 16 de agosto | | 18 de agosto |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
 AVENIDA BOLIVIA 5150
 4400 - SALTA
 REPÚBLICA ARGENTINA
 TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| TEMA 3: Geoquímica y mineralogía de los desechos mineros y generación de drenaje ácido de minas | 21 de agosto 17:00 a 19:00 (teórico práctico) | | 23 de agosto 17:00 a 19:00 (aula virtual) | | 25 de agosto 18:00 a 19:00 (teórico-práctico) |
| Tema 4: Biominería: los microorganismos en la extracción de metales | 28 de agosto 17:00 a 19:00 (teórico práctico) | | 30 de agosto 17:00 a 19:00 (aula virtual) | | 1 de septiembre 18:00 a 19:00 (teórico-práctico) |
| Tema 5: Tratamiento de drenajes ácidos de minas. Restauración de sitios contaminados con metales pesados | 4 de septiembre 17:00 a 19:00 (teórico práctico) | | 6 de septiembre 17:00 a 19:00 (aula virtual) | | 8 de septiembre 18:00 a 19:00 (teórico-práctico) |
| Tema 6: Fitorremediación | 11 de septiembre 17:00 a 19:00 (teórico práctico) | | 13 de septiembre 17:00 a 19:00 (aula virtual) | | 15 de septiembre 18:00 a 19:00 (teórico-práctico) |
| Trabajo integrador | 22 de septiembre 17:00 a 20 hs | | | | |

Bibliografía:

Ali, H., Khan, E., Sajad, M.A. 2013. Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. *Chemosphere* 91, 869–881.

Alonso, R.N. 2020. Reflexiones en torno a la Ciencia y Filosofía de la Minería, complejidad, esencialidad y singularidad de la actividad minera. 288p. Mundo Editorial. Salta – Argentina.

Alpers, C.N., Nordstrom, D.K. 1999. Geochemical modeling of water-rock interactions in mining environments. In *Reviews in Economic Geology*, vol. 6A, The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part A. Processes, Methods and Health Issues, G.S.Plumlee and M.J. Logsdon, eds., Soc. Econ. Geol., Littleton, CO, 289-324.

Baniasadi, M., Vakilchap, F., Bahaloo-Horeh, N., Mousavi, S.M., Farnaud, S. 2019. Advances in bioleaching as a sustainable method for metal recovery from e-waste: A review, *Journal of Industrial and Engineering. Chemistry* 76, 75-90.

Bernal, M.P., Gómez, X., Chang, R., Arco-Lázaro, E., Clemente, R. 2019. Strategies for the use of plant biomass obtained in the phytostabilisation of trace-element-contaminated soils. *Biomass and Bioenergy*, 126, 220-230.

Bernardelli, C.E., Maza, S.N., Lecomte, K.L., Collo, G., Astini, R.A., Donati, E.R. 2021. Acidophilic microorganisms enhancing geochemical dynamics in an acidic drainage system,



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

- Amarillo River in La Rioja, Argentina. *Chemosphere* (ISSN: 0045-6535) 263, 128098. DOI: doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128098.
- Bitew, Y., Alemayehu, M. 2017. Impact of crop production inputs on soil health: A Review. *Asian Journal Plant Science*, 16(3), 109-131.
- Blowes, D.W., Ptacek, C.J., Weisener, C.G., Paktunc, D., Gould, W.D., Johnson, D.B. 2014. The geochemistry of acid mine drainage, In *Treatise on Geochemistry*, 2nd ed., vol. 11, Sherwood-Lollar, B., ed., Elsevier, Amsterdam, 131-190. <https://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00905-0>
- Bustillo-Revuelta, M. López-Jimeno, C. 1996. Recursos Minerales. Tipología, prospección, evaluación, explotación, mineralurgia e impacto ambiental. Ed. Gráficas Arias Montana. Madrid.
- Carolin, C.F., Kumar, P.S., Saravanan A., Joshiba, G.J., Naushad, M. 2017. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: a review. *J Environ Chem Eng* 5 (3):2782–2799.
- Castro, C. Vera, M., Donati, E.R., Sand, W. 2013. Visualization of attachment and colonization of pyrite surfaces by a novel species of *Acidianus*. *Advanced Materials Research* 825, 70-73.
- Castro, C., Donati, E.R. 2016. Effects of different energy sources on cell adhesion and bioleaching of a chalcopyrite concentrate by extremophilic archaeon *Acidianus copahuensis*. *Hydrometallurgy* 162, 49-56.
- Castro, C., Donati, E.R. 2016. Improving zinc recovery by the thermoacidophilic archaeon *Acidianus copahuensis* using tetrathionate. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 26, 3004-3014.
- Castro, C., Urbietta, M.S., Plaza-Cazón, J., Donati, E.R. 2019. Metal biorecovery and bioremediation: Whether or not thermophilic are better than mesophilic microorganisms. *Bioresource Technology* 279, 317-326.
- Castro, C., Zhang, R., Liu, J., Bellenberg, S., Neu, T., Sand, W., Donati, E., Vera, M. 2016. Biofilm formation and interspecies interactions in mixed cultures of thermoacidophilic archaea *Acidianus* spp. and *Sulfolobus metallicus*. *Research in Microbiology* 167, 604- 612.
- Catalano, E. 1997. Código de minería comentado. Ed. Zavalía. Buenos Aires.
- Comité Conjunto de Reservas de Mena de "The Australasian Institute of Mining and Metallurgy 1999. El Código JORC (Código de Australasia para informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena. Australian Institute of Geoscientists. Mineral Council of Australia. www.jorc.org/pdf/CodigoJORC.pdf.
- Das, S., Mazumdar, K. 2016. Phytoremediation potential of a novel fern, *Salvinia cucullata*, Roxb. Ex Bory, to pulp and paper mill effluent: physiological and anatomical response. *Chemosphere* 163:62–72
- Dhawi, F., Datta, R., Ramakrishna, W. 2015. Mycorrhiza and PGPB modulate maize biomass, nutrient uptake and metabolic pathways in maize grown in mining impacted



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

- soil. *Plant Physiol. Biochem.* 97, 390-399.
- Dold, B., 2003. Speciation of the most soluble phases in a sequential extraction procedure adapted for geochemical studies of copper sulfide mine waste. *Journal of Geochemical Exploration* 80, 55–68. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(03\)00182-1](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(03)00182-1)
- Dold, B., 2010. Basic concepts in environmental geochemistry of sulfide mine-waste management. In: Kumar, S. (Ed.), *Waste Management*, pp. 173-198. <http://www.intechopen.com/books/show/title/waste-management>
- Dold, B., 2014. Evolution of Acid Mine Drainage formation in sulphidic mine tailings. *Minerals* 4 (2), 621-641. <https://doi.org/10.3390/min4030621>
- Dold, B., 2017. Acid Rock Drainage Prediction - a critical review. *J. Geochem. Explor.* 172, 120-132. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.09.014>
- Dold, B., Fontboté, L. 2001. Element cycling and secondary mineralogy in porphyry copper tailings as a function of climate, primary mineralogy, and mineral processing. *Journal of Geochemical Exploration* 74, 3–55. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(01\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(01)00174-1)
- Donati, E. R. (Ed.). 2018. *Heavy Metals in the Environment: Microorganisms and Bioremediation*. CRC Press.
- Donati, E.R., Castro, C., Urbieto, M.S. 2016. Thermophilic microorganisms in biomining. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 32, 179-187.
- Gentina, J.C.; Acevedo, F. 2016. Copper Bioleaching in Chile. *Minerals* 6, 23.
- Harris O.P. 1990. *Mineral exploration decisions. A guide to Economic Analysis and Modeling*. John Willey. New York.
- Heckenroth, A., Rabier, J., Dutoit, T., Torre, F., Prudent, P., Laffont-Schwob, I. 2016. Selection of native plants with phytoremediation potential for highly contaminated Mediterranean soil restoration: tools for a nondestructive and integrative approach. *J. Environ. Manage.* 183, 850-863.
- Instituto Geológico y Minero de España. 1986. *Abandono de Minas. Impacto Hidrológico*. U. Politécnica de Madrid. Madrid.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. 1996. *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. ITGE. Madrid.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. 1997. *Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión*. ITGE. Madrid.
- Jerez, C.A. 2017. Biomining of metals: how to access and exploit natural resource sustainably. *Microb. Biotechnol.* 10, 1751-7915.
- Johnson, D.B. 2018. The Evolution, Current Status, and Future Prospects of Using Biotechnologies in the Mineral Extraction and Metal Recovery Sectors. *Minerals* 8, 343.
- Johnson, D.B., Aguilera, A. 2019. Extremophiles and Acidic Environments. Reference Module in Life Sciences. 206-227. doi:10.1016/b978-0-12-809633-8.90687-3.
- Kaksonen A.H., Puhakka, J.A. 2007. Sulfate Reduction Based Bioprocesses for the



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

- Treatment of Acid Mine Drainage and the Recovery of Metals. *Engineering in Life Sciences*, 7(6): 541-564.
- Kumar, D., Singh, D.P., Barman, S.C., Kumar, N. 2016. Heavy metal and their regulation in plant system: an overview. In *Plant responses to xenobiotics* (pp. 19-38). Springer, Singapore.
- Lavandaio, E. 2008. Conozcamos más sobre Minería. SEGEMAR. Serie de Publicaciones 168. Buenos Aires - Argentina.
- Lecomte, K.L., Maza, S.N., Collo, G., Sarmiento, A.M., Depetris, P.J. 2017. Geochemical behavior of an acid drainage system: the case of the Amarillo River, Famatina (La Rioja, Argentina). *Environmental Science and Pollution Research*. 24(2): 1630-1647. DOI: 10.1007/s11356-016-7940-2.
- Lottermoser, B.G. 2011. Recycling, Reuse and Rehabilitation of Mine Wastes. *Elements*, 7: 405-410.
- Maest, A., Nordstrom, D.K. 2017. A geochemical examination of humidity cell tests, *Appl. Geochem.* 81, 109-131. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.03.016>
- Marcet, P. 2010. Mitos y verdades sobre la Minería. *Revista Todo es Historia*. N° 511.
- Mendez, V. Colón, H. 2005. La Minería Madre de Industrias, es una Actividad Sostenible. Asociación Argentina de Geólogos Economistas. Buenos Aires – Argentina.
- Meuser, H. 2013. Soil Remediation and Rehabilitation: Treatment of Contaminated and Disturbed Land. *Environmental Pollution*, vol. 23. Springer Science Business Media, Dordrecht, The Netherlands.
- Millán, A. 1996. Evaluación y factibilidad de proyectos mineros. Ed Universitaria S.A. Santiago de Chile.
- Murray, J., Kirschbaum, A., Dold, B., Mendes Guimaraes, E., Pannunzio Miner, E. 2014. Jarosite versus Soluble Iron-Sulfate Formation and Their Role in Acid Mine Drainage Formation at the Pan de Azúcar Mine Tailings (Zn-Pb-Ag), NW Argentina. *Minerals* 4, 477–502. <https://doi.org/10.3390/min4020477>
- Murray, J., Nordstrom, D.K., Dold, B., Kirschbaum, A. 2021. Seasonal fluctuations and geochemical modeling of acid mine drainage in the semi-arid Puna region: the Pan de Azúcar Pb-Ag-Zn mine, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 103197. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103197>.
- Nguyen, T.H, Won, S., Ha, M-G, Nguyen, D.D., Kang, H.Y. 2021. Bioleaching for environmental remediation of toxic metals and metalloids: A review on soils, sediments, and mine tailings. *Chemosphere* 282, 131108.
- Nordstrom, D.K. 2015. Baseline and premining geochemical characterization of mined sites, *Appl. Geochem.* 57, 17-34. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.12.010>
- Nordstrom, D.K., Alpers, C.N. 1999. Geochemistry of acid mine waters. In *Reviews in Economic Geology*, vol. 6A, The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part A. Processes, Methods and Health Issues, G.S.Plumlee and M.J. Logsdon, eds., Soc.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

- Econ. Geol., Littleton, CO. 133-160.
- Nordstrom, D.K., Alpers, C.N. 1999. Negative pH, efflorescent mineralogy, and consequences for environmental restoration at the Iron Mountain Superfund site, California, Proc. Nat'l. Acad. Sci. 96, 3455-3462. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.7.3455>
- Nordstrom, D.K., Blowes, D.W., Ptacek, C.J. 2015. Hydrogeochemistry and microbiology of mine drainage: An update, Appl. Geochem. 57, 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.02.008>
- Nordstrom, D.K., Nicholson, A., Weinig, W., Mayer, U., Verburg, R., Maest, A. 2017. Geochemical modeling for characterization and remediation of mine sites, ADTI (Acid Drainage Technology Initiative) handbook vol. 4, SME (Society for Mining, Metallurgy and Exploration), Englewood, CO, 159 pp.
- Novitzky, A. 1978. Prospección, exploración y evaluación. 735 p. Buenos Aires – Argentina.
- Pandey, V.C., Baudh, K. (Eds.). 2018. Phytomanagement of Polluted Sites: Market Opportunities in Sustainable Phytoremediation. Elsevier.
- Pat-Espadas, A.M., Portales, R.L., Amabilis-Sosa, L.E., Gómez, G., Vidal, G. 2018. Review of Constructed Wetlands for Acid Mine Drainage Treatment Water, 10: 1685.
- Plaza-Cazón, J, Benitez, L., Viera, M., Donati, E. 2012. Equilibrium and kinetic study of the biosorption of chromium (III) by two brown algae: *Macrocystis pyrifera* and *Undaria pinnatifida*. Eng Life Sci 12: 95–103.
- Plaza-Cazón, J., Benítez, L., Murray, J., Kirschbaum, A., Kirschbaum, P., Donati, E. 2013 Environmental impact on soil, water and plants from the abandoned Pan de Azúcar Mine. Advances in Materials Research 825:88–91.
- Plaza-Cazón, J., Viera, M., Donati, E. 2013a. Dynamic Cr(III) uptake by *Macrocystis pyrifera* and *Undaria pinnatifida* biomasses. Electronic Journal of Biotechnology 16. doi: 10.2225/vol16-issue3-fulltext-8.
- Plaza-Cazón, J., Viera, M., Donati, E., Guibal, E. 2011. Biosorption of mercury by *Macrocystis pyrifera* and *Undaria pinnatifida*: Influence of zinc, cadmium and nickel. Journal of Environmental Sciences 23:1778–1786.
- Plaza-Cazón, J., Viera, M., Donati, E., Guibal, E. 2013b. Zinc and cadmium removal by biosorption on *Undaria pinnatifida* in batch and continuous processes. Journal of Environmental Management 129: 423–434.
- Plaza-Cazón, J., Viera, M., Sala, S., Donati, E. 2014. Biochemical characterization of *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh and *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Phaeophyceae) in relation to their potentiality as biosorbents. Phycologia 53: 100–108.
- Prieto, M. J., Acevedo, S. O. A., Prieto, G. F., Nallely, T. G. 2018. Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. Biodiversity Int J, 2(4), 362-376.
- Rambabu, K., Banat, F., Pham, Q.M., Ho, S.H., Ren, N.Q., Show, P.L. 2020. Biological remediation of acid mine drainage: review of past trends and current outlook.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE POSGRADO
AVENIDA BOLIVIA 5150
4400 - SALTA
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL. 387 - 4255513



EXPEDIENTE N° 10.272/2023

R- CDNAT- 2023 N° 214

Environmental Sciences and Ecotechnology 2:100024.

Rezaie, B., Anderson, A. 2020. Sustainable resolutions for environmental threat of the acid mine drainage. *Sciences of the Total Environment* 717:137211.

Rosa, M., Prado, F., Hilal, M., Pagano, E., Prado, C., 2014. *Phytoremediation: Strategies of Argentinean Plants Against Stress by Heavy Metals*.

Rossello, E. Marcet, P. 2009. *La Actividad Extractiva de Minera Alumbreira (Catamarca), Datos sobre su Impacto Ambiental*. Buenos Aires – Argentina.

Ruscitti, M. 2017. *La micorrización modifica la respuesta de las plantas de pimienta en presencia de cobre en el suelo (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Exactas)*.

Schalamuk, I. B., Sabio, D., Mendía, J. 1992. *Incidencia de la actividad minera sobre el medio ambiente*. *Rev. Asoc. Arg. de Geol. Economistas*. no 9. Buenos Aires.

Srichandan, H., Mohapatra, R.K., Parhi, P.K. Mishra S. 2019. *Bioleaching approach for extraction of metal values from secondary solid wastes: A critical review*. *Hydrometallurgy* 189, 105122.

Tulcanaza, E. 1992. *Técnicas geoestadísticas y criterios técnico-económicos para la estimación y evaluación de proyectos mineros*. Edic. Estudios Mineros. Chile.

Watling, H. 2016. *Microbiological Advances in Biohydrometallurgy*. *Minerals* 6, 49.

Watling, H.R. 2015. *Review of Biohydrometallurgical Metals Extraction from Polymetallic Mineral Resources*. *Minerals* 5, 1-60.

Welmer, F.W., Dalheimer, M. Wagner, M. 2008. *Economic Evaluations in exploration*. Segunda Edición Springer; Berlín Heidelberg.

Willis, G., Nancuqueo, I., Hedrich, S., Giaveno, A., Donti, E., Barrie Johnson, D. 2019. *Enrichment and isolation of acid-tolerant sulfate-reducing microorganisms in the anoxic, acidic hot spring sediments from Copahue volcano, Argentina*. *FEMS Microbiology Ecology*. doi: 10.1093/femsec/fiz175.

Wills, B. 1988. *Mineral Processing Technology*. Pergamon Press. Oxford. England.

Yang, L., Zhao, D., Yang, J., Wang, W., Chen, P., Zhang, S., Yan, L. 2019. *Acidithiobacillus thiooxidans and its potential application*. *Applied Microbiology and Biotechnology* <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10098-5>.

Zhang, M., Wang, H. 2017. *Utilization of Bactericide Technology for Pollution Control of Acidic Coal Mine Waste*. *Advances in Engineering Research*, 129: 667-670.