

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli
(organizador)

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli
(organizador)

2021 by Editora Artemis
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof ^ª Dr ^ª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^ª Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^ª Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
Imagem da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^ª Dr.^ª Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia
Prof.^ª Dr.^ª Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba
Prof.^ª Dr.^ª Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^ª Dr.^ª Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof.^ª Dr.^ª Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^ª Dr.^ª Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF
Prof.^ª Dr.^ª Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão
Prof.^ª Dr.^ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima
Prof.^ª Dr.^ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México
Prof.^ª Dr.^ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional*, Argentina



Prof.^ª Dr.^ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Prof.^ª Dr.^ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.^ª Dr.^ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^ª Dr.^ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco
Prof.^ª Dr.^ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.^ª Dr.^ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.^ª Dr.^ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista
Prof.^ª Dr.^ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás
Prof.^ª Dr.^ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe
Prof.^ª Dr.^ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.^ª Dr.^ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto
Prof.^ª Dr.^ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão
Prof.^ª Dr.^ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.^ª Dr.^ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba
Prof.^ª Dr.^ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras
Prof.^ª Dr.^ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense



Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico [livro eletrônico] / Organizador Leinig Antonio Perazolli. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-52-1

DOI 10.37572/EdArt_201221521

1. Ciência – Brasil. 2. Inovações tecnológicas – Aspectos sociais. I. Perazolli, Leinig Antonio.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

APRESENTAÇÃO

A publicação intitulada **“Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico”** faz uma coletânea de resultados científicos, em diferentes áreas do conhecimento, exemplificando um modelo para a abordagem dos problemas relacionados ao desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico da sociedade atual.

A obra se justifica ao apresentar caminhos para se atingir soluções positivas frente às grandes e variadas dificuldades que estamos observando nas últimas décadas, decorrentes de ações comerciais, do desejo de consumo e ao fato que as fontes são finitas, porém os desejos humanos não. Estas ações comerciais levam à destruição ambiental, massificação cultural e a problemas socioeconômicos devido à diferença de renda e ao aumento da frequência de desastres ambientais, os quais geram grandes prejuízos financeiros e humanos.

A obra se inicia relatando o estado da arte sobre o consumo ético, avança para a descrição da vulnerabilidade e do emprego sustentável de ecossistemas. Destaca a função dos processos de educação, peça fundamental para a evolução sustentável de qualquer sociedade e a importância da interrelação entre os municípios de diferentes países para a busca de objetivos comuns.

Na continuidade temos exemplos de resultados científicos positivos para o uso de tecnologias em diferentes áreas do conhecimento, desde o uso de micro-organismos e sementes para a produção de óleos e energia, tratamentos e recuperação de resíduos de minerais e propostas científicas avançadas nas áreas de separação líquido-líquido, magneto eletrônica e varistores. A obra também ilustra as consequências das ações negativas praticadas pela ação humana. Cabe destacar que se estas ações não forem evitadas, corrigidas e/ou readequadas as consequências dos desastres ambientais, com reflexos negativos em todas as áreas, poderão se tornar irreversíveis em questão de décadas.

A importância deste livro reside ao indicar caminhos para fomentar o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico de forma sustentável.

Quero externar meus sinceros agradecimentos aos autores dos trabalhos científicos e à Editora Artemis, pela organização desta obra.

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
UNESP – Instituto de Química de Araraquara/SP

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTADO DEL ARTE SOBRE CONSUMO ÉTICO EN LA ÚLTIMA DÉCADA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Javier Solano

David Zaldumbide Peralvo

Delia García Vences

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215211

CAPÍTULO 2..... 18

VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATO EN LA CUENCA DEL RÍO EBRO (ESPAÑA) MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO LU-IV

Mercedes Arauzo Sánchez

María Valladolid Martín

Gema García González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215212

CAPÍTULO 3..... 36

ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO, DE LO NACIONAL A LO REGIONAL, SANTANDER UNA APUESTA

Mónica María Pacheco Valderrama

Olga Cecilia Alarcón Vesga

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215213

CAPÍTULO 4..... 47

O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO E A REALIDADE TECNOLÓGICA VIVENCIADA PELOS ALUNOS E PROFESSORES EM DUAS ESCOLAS DE PELOTAS- RS

Elis Regina Madeira da Porciúncula

Marcos Antonio Anciuti

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215214

CAPÍTULO 5..... 69

UNIVERSIDADES Y LA APROPIACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CHILE

Juan Ramón Contreras González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215215

CAPÍTULO 6..... 89

COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA DE CONTROL INTERNO Y EXTERNO MUNICIPAL ENTRE ECUADOR Y ARGENTINA

Verónica Ponce

Carlos Albert Ferreira

José Townsend

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215216

CAPÍTULO 7..... 103

EL USO DE LA BIOMASA DEL HONGO *Aspergillus niger* PARA LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS

Ismael Acosta Rodríguez

Nancy Pacheco Castillo

Adriana Rodríguez Pérez

Juan Fernando Cárdenas González

Víctor Manuel Martínez Juárez

Francisco Navarro Castillo

Erika Enríquez Domínguez

Juana Tovar Oviedo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215217

CAPÍTULO 8..... 114

INFLUENCIA DE LA ENVOLVENTE CON BAJOS NIVELES DE TRANSMITANCIA EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS EN CLIMAS CÁLIDOS

María Victoria Mercado

Celina Filippín

Gustavo Barea

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215218

CAPÍTULO 9.....134

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LA CUPRITA SINTETIZADA POR RUTA QUÍMICA

Orfelinda Avalo Cortez

David Pedro Martínez Aguilar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215219

CAPÍTULO 10.....147

ACEITE DE LA SEMILLA DE AGUACATE, UNA REVISIÓN DESDE SUS POTENCIALIDADES

Lina González Asías

Amelia Espitia Arrieta

Jennifer Lafont Mendoza

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152110

CAPÍTULO 11.....159

ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA SEMILLA DE *Moringa oleifera* Lam Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA: UNA REVISIÓN TEÓRICA

Jennifer Lafont Mendoza

William Negrete Humanez

Amelia Espitia Arrieta

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152111

CAPÍTULO 12.....171

ZONAS DE INFLUENCIA GENERADAS POR PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN EN CAMPO DEL MATERIAL ROCOSO

Ernesto Patricio Feijoo Calle

Andrés Nicolás Aguirre Larriva

Bernardo Andrés Feijoo Guevara

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152112

CAPÍTULO 13..... 186

CARACTERIZACIÓN Y FLOTACIÓN DE APATITA CONTENIDAS EN RELAVE DE HIERRO

Luis Valderrama

Mario Santander

Oswaldo Gómez

Patricia Tapia
Patricio Muñoz
Bruno Zazzali

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152113

CAPÍTULO 14.....193

ESTUDO DE COMPÓSITOS COM MATRIZ DE ALUMÍNIO E RESÍDUOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS POR SINTERIZAÇÃO AO AR NATURAL

Affonso Henrique Alves Ribeiro
Margarida Márcia Fernandes Lima
Rhelman Rossano Urzedo Queiroz
Rosa Malena Fernandes Lima

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152114

CAPÍTULO 15.....214

EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO APLICADA AO PROCESSO DE REFINO DE ETANOL COMBUSTÍVEL

Gabriel Manso Kozlowski Pitombeira
Leinig Antonio Perazolli
Elias de Souza Monteiro Filho

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152115

CAPÍTULO 16..... 227

EVIDENCING THE MAGNETOELECTRIC COUPLING IN BI1-XNDXFE03 COMPOSITIONS THROUGH FERROIC CHARACTERIZATIONS

Anuar Jose Mincache
Lilian Felipe da Silva Tupan
Odair Gonçalves de Oliveira
Ivair Aparecido dos Santos
Luiz Fernando Cótica

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152116

CAPÍTULO 17234

EFEITO DO COBALTO E ZINCO EM VARISTORES À BASE DE SNO_2

Glauco Meireles Mascarenhas Morandi Lustosa
João Paulo de Campos da Costa
Leinig Antônio Perazzoli
Biljana Stojanovic

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Elson Longo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152117

CAPÍTULO 18.....250

GRADUAÇÃO HISTOLÓGICA DOS GLIOMAS PELA ANÁLISE DA PERMEABILIDADE MICROVASCULAR POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Pedro Henrique Raffa de Souza

Rodrigo de Oliveira Plotze

Lucas Giansante Abud

Carolina Baraldi Araújo Restini

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152118

CAPÍTULO 19.....270

MONITORAMENTO DE ENCALHES DE ANIMAIS MARINHOS NA GESTÃO DA PESCA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Viviane Korres Bisch

Roberto Sforza

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152119

SOBRE O ORGANIZADOR.....280

ÍNDICE REMISSIVO281

CAPÍTULO 13

CARACTERIZACIÓN Y FLOTACIÓN DE APATITA CONTENIDAS EN RELAVE DE HIERRO

Data de submissão: 07/09/2021

Data de aceite: 30/09/2021

Bruno Zazzali

Departamento de Ingeniería en Metalurgia

Universidad de Atacama

Copiapó – Chile

<https://orcid.org/0000-0003-1675-7078>

Luis Valderrama

Departamento de Ingeniería en Metalurgia

Universidad de Atacama

Copiapó – Chile

<https://orcid.org/0000-0002-3926-9811>

Mario Santander

Departamento de Ingeniería en Metalurgia

Universidad de Atacama

Copiapó – Chile

<https://orcid.org/0000-0002-6694-0455>

Oswaldo Gómez

Compañía de Acero del Pacifico

Unidad de Geología, CAP

La Serena – Chile

<https://orcid.org/0000-0002-8282-3419>

Patricia Tapia

Departamento de Ingeniería en Metalurgia

Universidad de Atacama

Copiapó – Chile

<https://orcid.org/0000-0001-8212-3503>

Patricio Muñoz

Departamento de Ingeniería en Metalurgia

Universidad de Atacama

Copiapó – Chile

<https://orcid.org/0000000188917996>

RESUMEN: En el presente estudio se caracterizan relaves de hierro de la Compañía de Aceros del Pacífico con el objetivo de recuperar apatita mediante pruebas de flotación. El análisis granulométrico de la muestra a estudiar indica que el 46,7 % de las partículas tiene un tamaño menor a 37 μm , cuyo peso específico es de 2,71 kg/L. De igual manera, el análisis químico indica un contenido de 13,6 % de hierro y de 1,86 % de apatita. Por otra parte, el análisis mineralógico detectó la presencia de magnetita, hematita, limonita, anfíboles, feldspatos, clorita, apatita, cuarzo, piritita, piroxenos, calcita, rutilo y calcopirita. Las pruebas de flotación generaron concentrados con leyes de 20,1% de P_2O_5 y recuperaciones de 84%. En estas pruebas el tiempo óptimo de flotación se determinó mediante el método de Polinomios de Lagrange, y resultó ser de 12 minutos 30 segundos. Se concluye que es factible producir concentrados de apatita a partir de relaves de hierro.

PALABRA CLAVE: Apatita. Relave. Flotación.

**CHARACTERIZATION AND FLOTATION OF
APATITE CONTAINED IN IRON TAILINGS**

ABSTRACT: In the present study, iron tailings from the Compañía de Aceros del Pacífico are

characterized to recover apatite through flotation tests. The granulometric analysis of the sample to be studied indicates that 46.7% of the particles have a particle size smaller than 37 μm , whose specific weight is 2.71 kg / L. Likewise, the chemical analysis indicates a content of 13.6% iron and 1.86% apatite. On the other hand, the mineralogical analysis detected the magnetite, hematite, limonite, amphiboles, feldspar, chlorite, apatite, quartz, pyrite, pyroxenes, calcite, rutile, and chalcopyrite presence. Flotation tests generated concentrates with grades of 20.1% P_2O_5 and recoveries of 84%. In these tests, the optimal flotation time was determined by the Lagrange Polynomial method, and it turned out to be 12 minutes 30 seconds. It is concluded that it is feasible to produce apatite concentrates from iron tailings.

KEYWORDS: Apatite. Tailing. Flotation.

1 INTRODUCCIÓN

Es evidente que la minería causa un impacto ambiental considerable. Sus procesos productivos alteran intensamente el área de explotación y áreas vecinas, generándose enormes pasivos ambientales en la forma de estériles y de relaves. Más aún, cuando dichos pasivos ambientales contienen sustancias químicas nocivas como resultado del proceso de concentración del mineral, puede provocarse un serio problema ambiental (Benzaazoua et al., 2000).

En Chile se producen 1.400.000 t/día de relaves como consecuencia de la producción de cobre fino, razón por la cual es crucial que se aúnen esfuerzos para buscar un tratamiento que permita atenuar su impacto medioambiental. El tratamiento de relaves es considerado hoy en día como una alternativa rentable cuando contienen cantidades relativamente altas de minerales de valor. Tal rentabilidad es posible porque su procesamiento no implica costos de extracción, chancado, molienda y procesamiento, permitiendo que su retratamiento genere un flujo de caja positivo (Sernageomin, 2015; Kinnunen & Kaksonen, 2019).

La flotación es la técnica más utilizada para concentrar los minerales de fosfatos. Para flotar estos minerales es necesario modificar su superficie, de polar en apolar, mediante la adsorción de diferentes reactivos. Los reactivos más utilizados para la flotación de estos minerales son los ácidos carboxílicos, pero estos presentan baja selectividad, porque no solo se adsorben con la apatita, sino que también con otros minerales que contienen calcio. En los últimos años la empresa AkzoNovel ha desarrollado nuevos reactivos para la flotación de apatita, que consisten en reactivos sintéticos (Albino, et al., 2015).

En base a las consideraciones anteriores, se concluye que existe un enorme potencial económico, ambiental y social, puesto que dichos relaves pueden explotarse con el fin de aumentar el desarrollo de la región de Atacama. En ese sentido, este trabajo

tiene como objetivo evaluar la recuperación de apatita contenidas en relaves de hierro; cuyo tratamiento es una alternativa rentable frente a otras, y porque su retratamiento permitiría generar un flujo de caja positivo (Alsafasfeh & Alagha 2017).

2 METODOLOGÍA

La muestra usada en este trabajo se obtuvo desde el tranque de relaves El trigo, de la Compañía Minera del Pacífico. Dicha muestra se caracterizó realizándole un análisis granulométrico en una batería de tamices, desde la malla de abertura 250 μm hasta los 37 μm .

Se efectuó un estudio mineralógico cuantitativo de las distintas especies, mediante briquetas transparentes y pulidas. De igual manera, se cuantificó la mineralogía modal, el tamaño de grano de las partículas y las asociaciones minerales que presentan las especies reconocidas.

Los colectores usados fueron oleato de sodio y Atrac 2600, como espumante MIBC, dispersante silicato de sodio y el modificador de pH fue carbonato de sodio. El criterio de selección de estos reactivos se basó en indicaciones dada en la literatura técnica o por su actual uso en alguna planta de tratamiento de mineral de fosfato y por último por su disponibilidad en el mercado. (Guimarães et al., 2005; Barros, et al., 2008; Gorochovceva, et al., 2014).

Posteriormente, se realizaron pruebas de flotación, en una celda mecánica marca Denver D-12, usando un porcentaje de sólido de 35%, y velocidad ajustada a 1200 rpm. En cuanto a los reactivos utilizados, se aplicó colector (oleato de sodio y ATRAC® 2600), dispersante (silicato de sodio) y modificador de pH (carbonato de sodio). El criterio de selección de estos reactivos se basó en indicaciones dada en la literatura técnica o por su actual uso en alguna planta de tratamiento de mineral de fosfato y por último por su disponibilidad en el mercado. (Guimarães et al., 2005; Barros, et al., 2008; Gorochovceva, et al., 2014).

Posteriormente, se realizaron pruebas de flotación, en una celda mecánica marca Denver D-12, usando un porcentaje de sólido de 35%, y velocidad ajustada a 1200 rpm. Finalmente, el concentrado y el relave obtenido fueron secados y preparados para su posterior análisis químico.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

La muestra de relaves fue analizada por colorimetría, volumetría y absorción atómica, cuyos resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico de la muestra de relave.

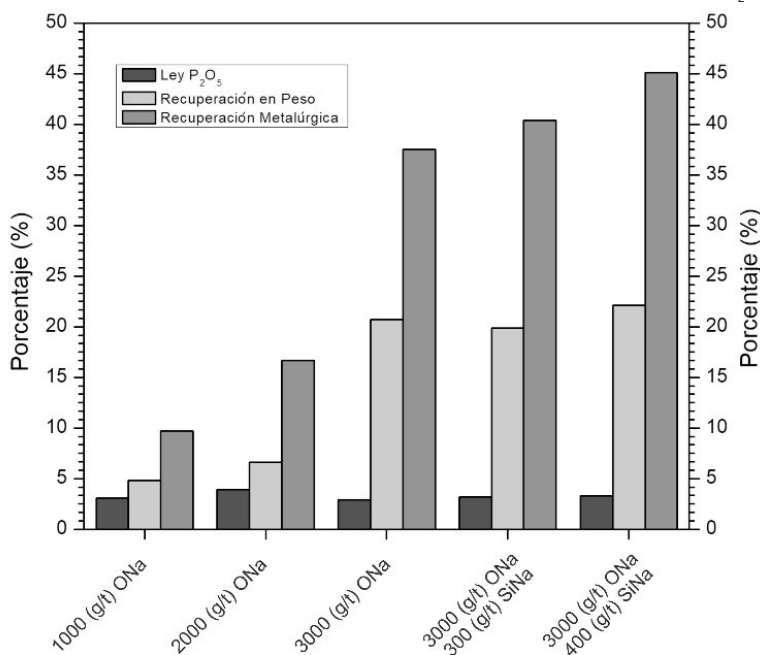
Muestra	P ₂ O ₅	Fe	Ca	Si	Mg	Ti
(%)	1,8	11,8	6,84	22,6	4,65	0,33

El análisis por QEMSCAN indicó la presencia de magnetita, hematita y limonita (31,2%), anfíboles (20,2%), feldespatos (18,5%), clorita (6,8%), apatita (4,3%), cuarzo (3,1%), pirita (2,6%), piroxenos (2,3%), calcita (0,9%), rutilo (0,57%) y calcopirita (0,1%).

De igual manera, el análisis granulométrico del relave indicó que el 75 % de las partículas tiene un tamaño menor a 75 micrómetros y que el 46,7% tiene un tamaño menor a 37 micrómetros, mientras que la distribución de P₂O₅ indicó que 42,2 % se encuentra a un tamaño menor a 75 micrómetros.

La figura 1 muestra la ley de P₂O₅ en el concentrado y su recuperación en función de la concentración de oleato de sodio entre 1.000 g/t y 3.000 g/t. En las pruebas de flotación las condiciones experimentales se ajustaron a: 35% de sólido, pH 9, y tiempo de acondicionamiento y flotación de 10 minutos (en una sola etapa de flotación).

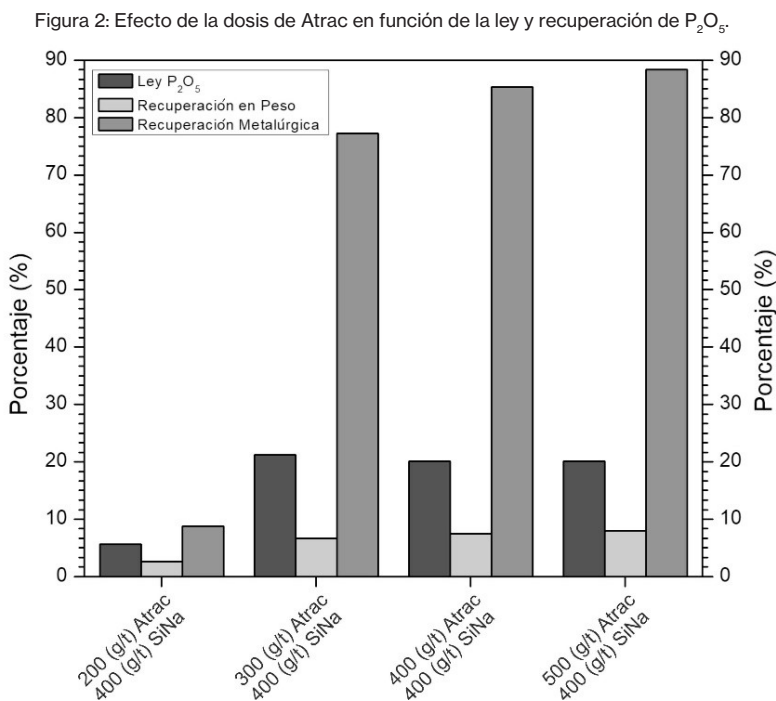
Figura 1: Efecto de la dosis de oleato de sodio en función de la ley y recuperación de P₂O₅.



De dicha figura se deduce que al aumentar la concentración de oleato de sodio se produce un incremento en la recuperación y ley de P₂O₅ hasta 3.000 g/t, donde se obtiene una recuperación de 37,5% y una ley de 2,9% de P₂O₅. También se observa que

manteniendo la dosis de colector (3.000 g/t) y agregando silicato de sodio (400 g/t), la recuperación se incrementa a 45,1% y la ley a 3,3% de P_2O_5 .

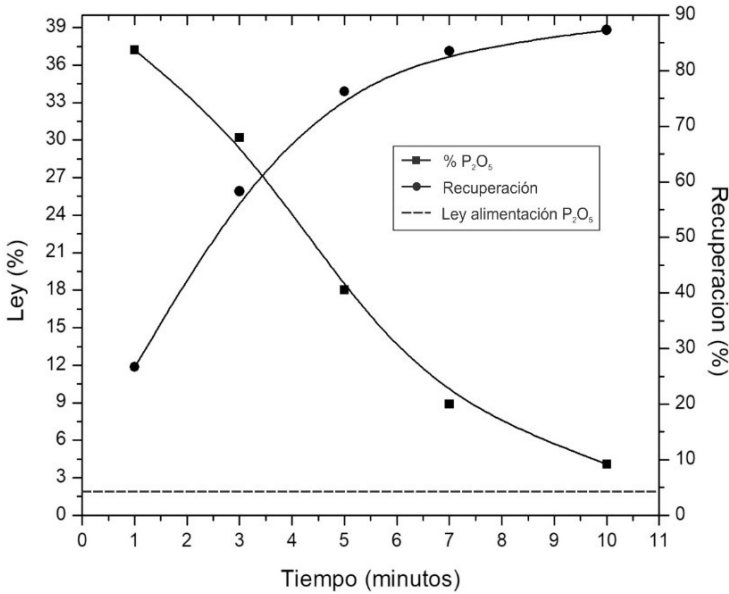
Similarmente, la figura 2 presenta los resultados obtenidos en las pruebas de flotación usando como colector ATRAC® 2600 y silicato de sodio como dispersante. En ella se observa que dicho colector produce una mayor selectividad y recuperación. Como consecuencia de aquello, para una dosis de 400 g/t de colector y 400 g/t de silicato de sodio se obtiene una ley de 20,1% de P_2O_5 en el concentrado, una recuperación en peso de 7,5 % y una recuperación metalúrgica de 84,0 %.



Paralelamente se ejecutaron cinéticas de flotación para analizar la influencia del tiempo de flotación, cuyos resultados se presentan en la figura 3. Es por ello que se realizó estas pruebas usando 400 g/t de Atrac 2600 como colector y 400 g/t de silicato de sodio como dispersante, manteniéndose las mismas condiciones de operación de las pruebas realizadas previamente en este estudio.

En la curva de la cinética de flotación se observa que la ley instantánea de P_2O_5 al cabo del primer minuto de flotación es de 37,2%, que corresponde a una recuperación de 26,6 %, mientras que el aumento del tiempo de flotación produce un incremento en la recuperación.

Figura 3. Cinética de flotación rougher de la apatita usando Atrac.



También se observa que a los cinco minutos la recuperación alcanza a 76,2% y a los 10 minutos 87,3%, cuyas leyes de P₂O₅ fueron 18,0% y 4,1% respectivamente; sin llegar alcanzar en estos tiempos leyes instantáneas de P₂O₅ iguales o inferiores a la ley de alimentación.

El tiempo óptimo de flotación, determinado mediante el método de los Polinomio de Lagrange, es igual a 12 minutos 30 segundos. Se estima que dicho tiempo es muy alto, por lo que se considerará un tiempo de flotación de 5 minutos donde se obtiene una ley de concentrado de 18,0% de P₂O₅ con una recuperación de 76,2%. Para que ello ocurra se hace necesario considerar etapas de cleaner y scavenger al relave rougher, mejorando así la calidad química del concentrado y aumentando la recuperación global.

4 CONCLUSIONES

Las pruebas de flotación directa aplicadas a la muestra de relave de hierro, usando como colector ATRAC® 2600 y silicato de sodio, permiten concluir que es factible la recuperación de fosfato y la obtención de un concentrado de apatita de valor comercial.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Ingeniería en Metalurgia de la Universidad de Atacama y a la Compañía Minera del Pacífico por el aporte económico

que permitió realizar el trabajo de Titulación de Ingeniería Civil en Metalurgia de la alumna Javiera Oliva Acosta.

REFERENCIAS

Albino, K.I.P., Gorochovceva, N., Klingberg, A., Lima, O.A. (2015). New synthetic collector for the direct flotation of apatite from complex ore. XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa Poços de Caldas-MG, Brasil.

Alsafasfeh, A., Alagha, I. (2017). Recovery of Phosphate Minerals from Plant Tailings Using Direct Froth Flotation. *Minerals*, 7, 145. DOI:10.3390/min7080145.

Barros, L.A.F., Ferreira, E.E., Peres, A.E.C. (2008). Floatability of apatites and gangue minerals of an igneous phosphate ore. DOI:10.1016/j.mineng.2008.04.012, *Minerals Engineering*, 21 (12): 994-999.

Benzaazoua, M., Bussière, B., Kongolo, M., McLaughlin, J., Marion, P. (2000). Environmental desulphurization of four Canadian mine tailings using froth flotation. DOI: 10.1016/S0301-7516(00)00006-5, *Int. J. Miner. Process.* 60 2000 57-74.

Gorochovceva, N., Klingberg, A., Lannefors, J. (2014). Development of anionic collectors for direct flotation of apatite from complex siliceous ores with a focus on sustainability. *International Mineral Processing Congress. Proceedings XXVII International Mineral Processing. Santiago, Chile. (IMPC, Charper 3) p. 68-78.*

Guimaraes, R.C., Araujo, A.C., Peres, A.E.C. (2005). Reagents in igneous phosphate ores flotation. DOI:10.1016/j.mineng.2004.08.022, *Miner. Eng.* 18 (2), 199-204.

Kinnunen, P., Kaksonen, A. H. (2019). Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization. *Journal of Cleaner Production* 228, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.171>.

SERNAGEOMIN (2015). Catastro de Depósitos de Relaves de Chile. Consultada el 2019 julio [http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/estudios/Catastro-depositos-relave-de Chile](http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/estudios/Catastro-depositos-relave-de-Chile).

SOBRE O ORGANIZADOR

Leinig Antonio Perazolli possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1986), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1991) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professor Livre Docente III do Instituto de Química - Unesp / Araraquara. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica com estudos de Sinterização de Cerâmicos e obtenção de Foto catalisadores Cerâmicos e na área de História da Ciência com ênfase em Química e Engenharia Química. Atua na área de pesquisa nos seguintes temas: óxido de titânio, óxido de estanho, sinterização, voltados para a foto catálise e cerâmicas eletrônicas. Na área de extensão universitária desenvolve trabalhos sobre História da Ciência e da Engenharia Química e sobre a Química das Coisas. Leciona disciplinas na área de Química Tecnológica, Engenharia Química e História da Ciência.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorción 106, 107, 110, 142, 171, 176, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 188
Aceite 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169
Aguacate 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158
Aislación térmica 114, 115, 117, 120, 131, 132
Análisis 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 20, 23, 24, 26, 30, 32, 69, 86, 87, 89, 90, 95, 116, 129, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 162, 163, 167, 173, 186, 188, 189
Antimicrobiana 134, 135, 136, 148, 158, 161, 169
Apatita 186, 187, 188, 189, 191
Aplicaciones 43, 160
A-site substitutions 227
Aspergillus niger 103, 104, 105, 111, 112, 113
Avaliação 47, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 68, 250, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 268, 273, 278, 279

B

BiFeO₃ 227, 228, 231, 232, 233
Biomasa 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 160

C

Climas cálidos 114, 117, 129, 130
Cohesión social 69
Combustíveis renováveis 214
Composición proximal 160, 168
Compresión 121, 171, 172, 173, 174, 175, 182, 183, 184
Consumidor ético 1, 2, 7, 11, 14
Consumo energético 114, 115, 116, 117, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 217
Consumo ético 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16
Consumo responsable 1
Contaminación Difusa 18, 19, 22, 33
Control interno 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102
Cuprita 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145

D

Densidad 166, 171, 175, 177, 179, 180, 182, 183, 193, 197, 206, 207, 211, 238, 239, 243, 245, 246

Deposição eletroforética 234, 235, 237, 240, 248

Desarrollo 8, 18, 20, 21, 32, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 69, 70, 75, 76, 77, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 102, 149, 153, 154, 155, 167, 170, 171, 172, 176, 179, 187

Difusão 207, 234, 235, 241, 243, 245, 254

Difusão de Cromo 235

E

Ecosistemas de Emprendimiento 36, 37, 38

Emancipatória 47, 58, 59, 64, 66, 68

Emprendimiento 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Espectroscopia 200, 251, 253, 268

Etanol 214, 215, 216, 217, 221, 222, 224, 225

Ética del consumo 1

Extração líquido-líquido 214, 218, 221, 222, 223, 224, 225

F

Ferric properties 227

Flotación 186, 187, 188, 189, 190, 191

G

Glioma 250, 251, 252, 253, 254, 267, 268, 269

Glioma Astrocítico 251

I

Imagem de Perfusão 251

M

Materiais compósitos com matriz de alumínio 193, 194

Metales pesados 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

Moringa oleífera Lam 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169

Municipios locales 89

N

Normas 1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 89, 95, 97, 100, 102

O

Óxido 109, 134, 135, 136, 137, 145, 146, 196, 235

Óxido de estanho 235

P

Percepção 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88

Perfusão 251, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 261, 264, 265, 267, 268

Permeabilidade Capilar 251

Porosidad 171, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184

Potencialidades 65, 147, 148, 149, 169

Procedimiento LU-IV 18, 19, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Q

Quelônios marinhos 270, 271, 275

R

Relave 186, 188, 189, 191, 192

Remoción 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos de mineração 194

Ressonância Magnética 250, 251, 253, 254, 268

Roca 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 182, 183, 184

S

Santander 36, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 186

Semillas 147, 155, 159, 160, 161, 162, 164, 169

SIG 18, 20, 270, 272

Sinerização Microondas Varistores 235

Sinterização 193, 194, 196, 197, 206, 207, 208, 210, 211, 234, 236, 237, 240, 241, 243, 244, 245, 246, 249

Sistemas de Información Geográfica 19, 20

Staphylococcus aureus 134, 135, 136, 142, 144, 145, 146

T

Tecnologias 47, 49, 52, 53, 57, 59, 60, 67, 68, 79, 83, 120, 145, 184

U

Unidades de Conservação 270, 272, 273, 274, 276, 277

UNIFAC 214, 215, 218, 219, 221

Universidad compleja 69, 88

Z

Zonas Vulnerables a la Contaminación por Nitrato (ZVN) 18, 19