



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

MINERALES NO METÁLICOS EN LA PROVINCIA DE EL ORO VALOR
ECONÓMICO UTILIDAD Y BENEFICIOS

MUÑOZ MINUCHE HECTOR JOEL
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

MINERALES NO METÁLICOS EN LA PROVINCIA DE EL ORO
VALOR ECONÓMICO UTILIDAD Y BENEFICIOS

MUÑOZ MINUCHE HECTOR JOEL
INGENIERO QUÍMICO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

MINERALES NO METÁLICOS EN LA PROVINCIA DE EL ORO VALOR
ECONÓMICO UTILIDAD Y BENEFICIOS

MUÑOZ MINUCHE HECTOR JOEL
INGENIERO QUÍMICO

MADRID CELI BRAULIO ABSALON

MACHALA, 14 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
14 de febrero de 2022

Minerales no metálicos en la provincia de El oro valor económico, utilidad y beneficios

por Hector Joel Muñoz Minuche

Fecha de entrega: 26-feb-2022 01:38p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1771457115

Nombre del archivo: TRABAJO_FINAL_COMPLEXIVO.pdf (377.51K)

Total de palabras: 3380

Total de caracteres: 18103

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, MUÑOZ MINUCHE HECTOR JOEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado *Minerales no metálicos en la provincia de El Oro* valor económico utilidad y beneficios, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de febrero de 2022



MUÑOZ MINUCHE HECTOR JOEL
0705579142

RESUMEN

La actividad minera se basa en el aprovechamiento de minerales metálicos y no metálicos presentes en las rocas por medio de procesos de extracción en yacimientos adyacentes a la superficie del suelo. La explotación de minerales no metálicos requiere una menor cantidad de inversión de producción y a su vez genera una mayor rentabilidad. La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer la procedencia, utilidad y beneficios además del valor económico de los minerales no metálicos que se hallan en la Provincia de El Oro, por medio de revisión bibliográfica. La zona sur de la provincia se encuentra ubicada en la falla Jubones por lo que existen diferentes tipos de agrupaciones geológicas; como son la agrupación de Tahuín, Capiro y San Roque que contienen en su mayoría minerales de feldespatos y cuarzos. Actualmente la provincia solo cuenta con 2 yacimientos para la extracción de minerales no metálicos los cuales son el distrito minero de Portovelo-Zaruma del cual se extrae principalmente cuarzos y el segundo ubicado en el cantón Marcabelí y Capiro donde se extraen feldespatos y caolinitas. Los minerales no metálicos son empleados en diversos procesos industriales entre los que destaca la industria cemento y de cerámica, puesto que son usados para mejorar la calidad del producto final. La extracción de dichos minerales representa un gran aporte económico debido a su extracción y comercialización. La producción anual de feldespatos se estimó que aporta \$16 millones de dólares al PIB del país.

Palabras claves: minerales no metálicos, feldespatos, caolinita, cuarzo.

ABSTRACT

The mining activity is based on the use of metallic and non-metallic minerals present in the rocks through extraction processes in deposits adjacent to the ground surface. The exploitation of non-metallic minerals requires a smaller amount of production investment and in turn generates greater profitability. The purpose of this research is to make known the origin, utility and benefits as well as the economic value of non-metallic minerals found in the Province of El Oro, through a bibliographic review. The southern area of the province is located on the Jubones fault, so there are different types of geological groups; such as the group of Tahuín, Capiro and San Roque that contain mostly feldspar and quartz minerals. Currently the province only has 2 deposits for the extraction of non-metallic minerals, which are the Portovelo-Zaruma mining district, from which quartz is mainly extracted, and the second located in the Marcabellí and Capiro cantons, where feldspars and kaolinites are extracted. Non-metallic minerals are used in various industrial processes, among which the cement and ceramic industries stand out, since they are used to improve the quality of the final product. The extraction of these minerals represents a great economic contribution due to their extraction and commercialization. The annual production of feldspars was estimated to contribute \$16 million dollars to the country's GDP.

Keywords: non-metallic minerals, feldspars, kaolinite, quartz.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
1. OBJETIVO.....	2
1.1 GENERAL.....	2
1.2 ESPECÍFICOS.....	2
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1 Geología de la provincia.....	3
2.2 Actividad minería en la provincia.....	4
2.3 Minerales no metálicos.....	5
2.4 Ubicación de los principales yacimientos.....	6
2.5 Principales minerales no metálicos que se extraen en la provincia.....	6
2.6 Usos y beneficios de los minerales no metálicos en las distintas industrias.....	9
2.7 Valor económico de los minerales no metálicos en el mercado industrial.....	11
CONCLUSIONES.....	13
REFERENCIAS.....	14

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Minas de Feldespatos, Cantón Marcabelí.....	5
Figura 2. Feldespato.....	7
Figura 3. Caolinita.....	8
Figura 4. Silicatos.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de feldespatos.....	7
Tabla 2. Propiedades del caolín.....	9
Tabla 3. Valor agregado por industria (PIB).	11
Tabla 4. Principales materias primas no metálicas en toneladas.	12

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

GC: geocementos.

PIB: Producto interno bruto.

BCE: Banco Central del Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Se conoce como materias primas no metálicas aquellos minerales que se encuentran agrupados conformando rocas y terrenos, además, no son rentables para la extracción de metales preciosos y habitualmente son conocidas como ganga en la industria minera, pero adquieren un valor económico en otras industrias debido a los usos que se le puede dar como es la construcción, la industria química, cerámica y porcelanatos, cementera, entre otros. Algunas de las materias primas que se pueden encontrar son el cuarzo, la caliza, el yeso, el mármol, la grava o la arcilla. Las materias primas no metálicas se clasifican en dos grandes grupos: rocas; son una mezcla de distintos minerales con una composición química y propiedades físicas definidas, y minerales no metálicas; son sustancias inorgánicas presentes en la naturaleza que se encuentran formadas por uno o varios elementos químicos y posee propiedades físicas y químicas definidas.

La minería se define como toda labor productiva en el que se establecen procesos de exploración, extracción y explotación de minerales depositados en el suelo y en el subsuelo. El territorio de Ecuador ha pasado por diferentes procesos geotectónicos por largos periodos de tiempo, lo que ha generado ambientes óptimos para la deposición de distintos tipos de minerales con un alto interés comercial e industrial. Actualmente en la región sur del país es donde están concentrada la mayor cantidad de yacimientos de materias primas no metálicas del país; explotación de arcillas y caolines en la provincia de Azuay, bentonitas en la provincia de Santa Elena, yeso en la provincia de Loja, entre otros.

La provincia de El Oro se encuentra dividida en dos regiones; la parte oriental que forma parte de la cordillera occidental, el restante al sector costanero. Dentro del campo de las materias primas no metálicas que se extraen en la provincia tienen relevancia aquellas que son para la industria de la construcción; como son arcillas para la producción de ladrillos y también se extraen rocas y gravas, para la producción de cerámica; como es caolín y feldespatos. Después de la extracción de oro el producto de mayor interés económico que se extrae en la provincia es el feldespato. El objetivo de la presente investigación bibliográfica es dar a conocer las características de los minerales no metálicos presentes en la provincia, además de dar a conocer su valor económico en el mercado y la utilidad industrial que poseen.

OBJETIVO

GENERAL

- Identificar los minerales no metálicos presentes en la provincia de El Oro, mediante revisión bibliográfica para conocer su valor económico, utilidad y beneficios.

ESPECÍFICOS

- Describir los minerales no metálicos presentes en la provincia.
- Reconocer sus utilidades y el valor económico actuales en la industria.
- Especificar sus beneficios en la industria.

1. MARCO TEORICO

1.1 Geología de la provincia de El Oro

La provincia de El Oro es considerada como la de mayor meridional del Litoral, cuenta con diversos distritos: montañosos, costa, bosques y archipiélagos, además, geográficamente la provincia se halla situada en el sur occidental del país. Sus coordenadas geográficas de localización son: 3°02' y 3°53' de Latitud Norte y 80°20' y 79°21' de Latitud Oeste; Latitud 9°570.500N 9°661.000 S y Longitud 576.000E, 682.000W. Una de las zonas del territorio de la provincia se sitúa en la ladera de la Cordillera Occidental de los Andes, la otra parte está dividida entre la región costa e insular. Por último, la extensión superficial de la provincia de 5.791,85 km², lo cual representa un 21,5 % de la superficie del País¹. El eje principal del Ecuador se configura en la cordillera de los andes y exhibe una gran proporción de mineralización, reflejando en mayor parte en el sur del país, estando relacionada de forma directa en los límites de deflexión de Huancabamba. La provincia de El Oro, en su parte norte lindera con la deflexión Huancabamba, la cual tiene coincidencia con la falla del río Jubones.

La zona norte de la provincia se caracteriza por tener menor área y una altura baja. Las rocas que se hallan se remontan del periodo cretácico, estructurada por rocas de origen vulcanoclásticas y sedimentos que datan del periodo cuaternario, que se encuentra formado por piroclastos y riolitas y arcillas marinas. Gran parte se encuentra recubierta con sedimentos terciarios, que están compuestos por piroclastos y riolitas.

La zona sur es parte del área de ubicación sur de la falla Jubones. En esta se encuentran los tipos de rocas más remotos que pertenecen a la serie metamórfica del Precámbrico, se hallan conjuntos de piedras tales como esquistos verdes, anfíbolita y cuarcitas; las agrupación de Tahuín, Capiro y San Roque se hallan en el paleozoico inferior, están estructuradas por esquistos, gneises y anfíbolitas; en el Cretáceo, se encuentra las formaciones Raspa, compuesta por medio de esquistos, mientras la formación Célica constituida mediante lavas andesíticas y piroclásticas². La Provincia de El Oro presenta en sus territorios distintas formaciones de origen geológico:

- **Formación Piñón.** - Se encuentra estructura por basaltos, tobas, deabasas y wackes. Las rocas que se encuentran en mayor abundancia son los basaltos en los cuales se puede observar vetas de sílice, calcita y clorita.

- **Grupo Tahuín.** - Se constituye a partir de rocas pelíticas y cuarzo feldespático la cuales se dirigen de sur a norte como no metamórficas y granulitas, se encuentran en sectores como Marcabellí y la Florida.
- **Formación Zapotillo.** - Las características de sus rocas constan de piroclastos y grauwacas.
- **Formación Cazaderos.** - Esta formación consta de sedimentos volcánicos conformados por lava, piroclasto además de lutitas, limos laminados y en cantidades bajas arenisca.
- **Unidad Toro.** - Su litología abarca rocas desde básicas hasta ultra básicas. La harzburgita es una roca ígnea, en su estructura se encuentra en mayor cantidad la antigorita que abarca pequeñas cantidades de crisotilo, clorita, talco, magnesita, granate.
- **Unidad Victoria.** - La estructura rocosa cuenta con granito gnéisico.
- **Unidad el Tigre.** - La composición litología abarca Metagrauwacas y pizarras.
- **Unidad Raspas.** - Se encuentra constituida por esquistos verdes, negros, azules y eclogitas.
- **Arcilla marina de estuario.** - Se encuentra conformada por arenas finas mezclada arcillas y limos.

1.2 Actividad minería en la Provincia de El Oro

La minería es una de las actividades que más réditos económicos genera a la provincia, en la parte alta de El Oro se encuentra uno de los distritos más importantes y extensos del Ecuador. Esta zona contiene grandes cantidades de minerales de origen no metálico (mármol, sílice, carbón de piedra, arcilla, agregados de construcción, entre otros), estos minerales se caracterizan por encontrarse en gran volumen en el medio a diferencia de los metálicos, su valor es menor y su uso es destinado en la industria del cemento.

En los cantones Zaruma, Portovelo y Piñas, se encuentran concesiones que se encargan de la extracción de estos minerales, existen 17 concesiones mineras que extraen materiales de construcción y 2 concesiones que extraen minerales no metálico, en el cantón Piñas se halla una cantera de grandes dimensiones localizada en el sector el Portete, siendo una de las más representativas del sector minero no metálico de la parte alta de la provincia³.

Uno de los cantones que más material no metálico extrae es Marcabelí en donde se hallan minas de feldespatos y de materiales de construcción, existen 2 concesiones que se dedican a la extracción de estos materiales. Las minas de feldespatos tienen gran demanda por las distintas industrias que se dedican a la elaboración de cerámica y vidrio en el país. Siendo las industrias de origen azuayo las que más adquieren este tipo de mineral⁴. En la figura 1 se observa una mina de feldespatos ubicada en el cantón Marcabelí de la provincia de El Oro.

Figura 1. Minas de Feldespatos, Cantón Marcabelí.



Fuente: ⁴

1.3 Minerales no metálicos

Un mineral (cualquiera) es una estructura sólida formada de manera natural que posee una composición química definida y estos pueden ser de un solo compuesto; como por ejemplo el azufre, diamante o grafito, o una mezcla de varios elementos; como óxido de silicio (cuarzo), cloruro de sodio (sal) o sulfato de calcio dihidratado (yeso). Por último, todos los minerales poseen una estructura cristalina definida y esta es producto de la distribución o agrupación de las moléculas, átomos o iones que conforman al mineral. Todas las rocas están compuestas por minerales. Las propiedades de los minerales están determinadas según su composición química y su estructura cristalina.

Entre las propiedades más relevante tenemos las siguientes: color; es la propiedad que tiene un mineral para reflejar y absorber la luz blanca que incide en su superficie, brillo; es el aspecto que posee el mineral cuando la luz toca su superficie y este puede ser metálico o no metálico, dureza; es la resistencia que tiene un mineral a ser fracturado, densidad; es la relación entre su peso y un volumen de referencia, y por último el sistema cristalino del mineral⁵.

Para que se forme los minerales es necesario que los elementos estén presentes en las proporciones adecuadas, que las condiciones físicas y químicas sean las adecuadas; las cuales son la temperatura, la presión, presencia de agua para favorecer el intercambio iónico, el pH de la solución y la cantidad de oxígeno disponible, otro factor importante es el tiempo para que los átomos se organicen en estructuras ordenadas. La mayoría de los minerales que componen las rocas que nos rodean se formaron a través del enfriamiento de la roca fundida, conocida como magma. A las altas temperaturas que existen en las profundidades de la Tierra, algunos materiales geológicos son líquidos. A medida que el magma sube a través de la corteza, ya sea por erupción volcánica o por procesos más graduales, que entre en contacto con agua y que se enfría y permite que los minerales de la solución se cristalicen dando origen a yacimientos de minerales⁵.

1.4 Ubicación de los principales yacimientos

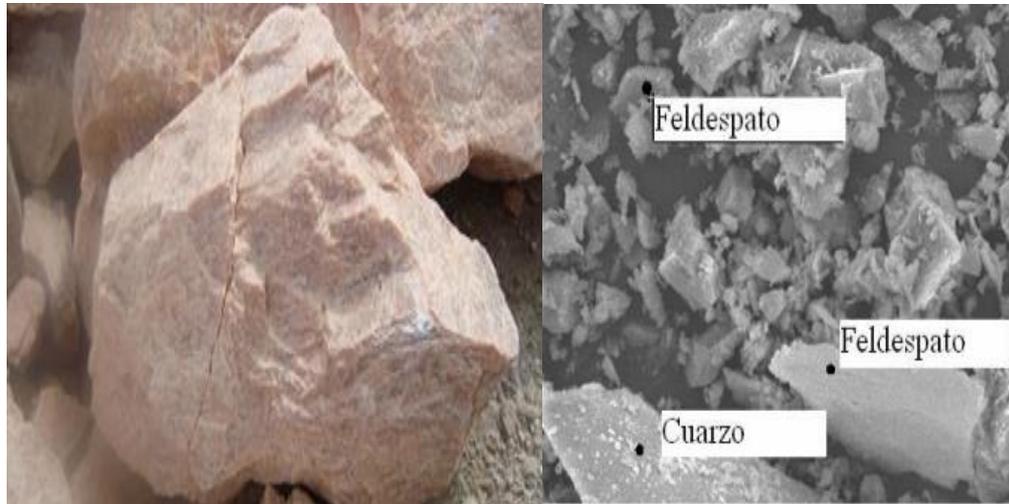
Actualmente la provincia de El Oro solo cuenta con 2 yacimientos para la extracción de minerales no metálicos entre los que está el distrito minero de Portovelo-Zaruma de la cual se extrae principalmente cuarzo; en forma de arenas de silicatos y sílices. Y el segundo ubicado en el cantón Marcabelí y Capiro donde se encuentra los yacimientos de feldespatos y caolinitas⁶.

1.5 Principales minerales no metálicos que se extraen en la provincia

Feldespatos: son aluminosilicatos de sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K) y bario (Ba) con distintas soluciones sódicas y diversa composición que da origen a minerales como la albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), ortosa (KAlSi_3O_8) y celsiana ($\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Además, estos minerales son los más abundantes en la corteza terrestre, aproximadamente el 50% de muchas rocas son algún tipo de feldespato. Los feldespatos y las rocas feldespáticas se explotan en todos los países del mundo para consumo interior.

Los feldespatos potásicos y sódico son las especies más usadas en la industria de la cerámica y el vidrio. En la figura 2 se puede observar un mineral feldespato potásico provenientes de una mina de feldespatos y al lado su caracterización a 30 μm .

Figura 2. Feldespato.



Fuente: ⁸

Las rocas que poseen feldespatos alcalinos son llamadas rocas hipersolvus mientras que las que presentan 2 tipos de feldespatos alcalinos se la conocen como rocas subsolvus. La composición de un feldespato potásico es alrededor del 65% de SiO_2 , 18% de Al_2O_3 y 17% de K_2O y los cuales son obtenidos a través de procesos de flotación de arenas de cuarzo. Para determinar el tratamiento de trituración, molienda y purificación que se vayan a hacer a las rocas ricas en feldespatos es necesario tener claro el uso al que vaya a ser destinada la materia prima⁷. A continuación, la tabla 1 muestra las propiedades mineralógicas que poseen los feldespatos.

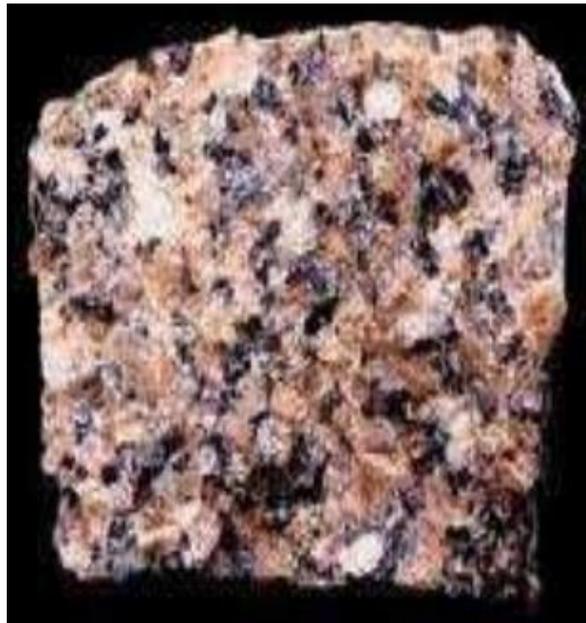
Tabla 1. Propiedades de feldespatos.

Color	inoloro
Brillo	vitreo
dureza	6
Densidad	2,56 g/cm^3
Sistema cristalino	Monoclínico

Fuente: ⁷

Caolinita: La caolinita es uno de los minerales más abundantes en la capa exterior de la corteza terrestre al igual que los feldespatos, cuarzos, micas, entre otros. La caolinita está compuesta por minerales de silicato y su estructura química es $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ y su composición química porcentual es de 47% de SiO_2 , 39% de Al_2O_3 y 14% de H_2O . El origen de dichos minerales se da debido a una litología favorable además de unas condiciones ambientales específicas, lo que permite la conversión de silicatos ricos en alúmina en filosilicatos. En la figura 3 se observa un ejemplar de mineral de caolinita.

Figura 3. Caolinita.



Fuente: ⁸

Debido a las propiedades cristalinas que posee la caolinita, un mineral triclinico formado por una capa externa de tetraedros de sílice y una capa interna de octaedros de alúmina unidas mediante enlaces covalentes por el grupo oxidrilo, lo que le confiere propiedades de polvo blanco inerte que no reacciona con la mayoría de agentes corrosivos, dicha propiedad le confiere un gran valor e importancia comercial por lo que su explotación es importante para diversas industrias. Los minerales puros, o como se los conoce en la industria “caolín lavado”, es el resultante de un proceso de concentración del caolín bruto el cual posee un 20% caolinita y/o haloisita de concentración inicial y se busca que alcance una cota del 80% para destinarlo a las diversas industrias como materia prima⁹. A continuación, la tabla 2 muestra las propiedades mineralógicas que posee la caolinita.

Tabla 2. Propiedades del caolín

Color	Blanco, gris o amarillento
Brillo	Terroso mate
Dureza	2-2,5
Densidad	2,64 g/cm ³
Sistema cristalino	Triclínico

Fuente: ⁹

Silicatos: Los minerales de silicatos son los más importantes para el desarrollo industrial puesto que el 25% de los minerales conocidos son derivados de estos además de ser los más corrientes en la corteza terrestres. Todos los minerales que conforman las rocas ígneas son compuestos de silicatos y dichas rocas constituyen el 90% de la corteza terrestre. Por tal motivo, los silicatos y sus óxidos son los minerales más abundantes. Los silicatos se han vuelto parte esencial de la vida cotidiana del hombre puesto que los ladrillos, cemento, cerámica, vidrio y piedras provenientes de distintas industrias están compuestos o son derivados de silicatos¹⁰. En la figura 4 se observa un mineral de silicatos con incrustaciones de otros minerales.

Figura 4. Silicatos.



Fuente: ⁸

1. 6 Usos y beneficios de los minerales no metálicos en las distintas industrias

La elaboración de productos de cerámica que son distribuidas tanto a nivel nacional e internacional, se fundamenta a la existencia de grandes zonas disponibles que albergan (calizas, feldespatos y arcillas).

La correcta caracterización de este material para el empleo de la producción de cerámica y derivados permite generar ahorro energéticos por medio de la selección de feldespatos los cuales contengan altos porcentajes de elementos fundente, consiguiendo disminuir la proporciones de gases emanados al ambiente, además se considera que la correcta selección de este material con porcentajes bajos de sales solubles genera la probabilidad de que aparezcan imperfecciones en la cerámica y adquirir un grado mayor de control referente a las pastas formuladas¹¹. También, investigaciones recientes indican que cerámicas que contienen minerales de feldespatos han registrado un aumento en sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas por lo que se ha convertido en una tecnología prometedora¹². Por otro lado, se están investigando los efectos de soluciones de potasio con sílice y se ha encontrado que evita la reducción del cemento y la absorción de agua e incrementar la resistencia¹³. Por último, también se estudia los efectos de la adición de nano partículas de sílice a las mezclas de cemento y se ha encontrado que aumenta su resistencia a la abrasión y los impactos¹⁴.

La activación de geocementos (GC) es distinta a la del cemento Portland a pesar de presentar propiedades similares esta se activa por medio del uso del agua mientras que el GC se logra a partir de una activación de origen alcalino la cual se logra por medio del empleo de un aluminosilicatos (conocido como “precursor”) sobre un ambiente alcalino, generando un aglomerante fraguado el cual está estructurado por la mezcla de álcali-aluminosilicato hidratado y/o fases álcali-alcalinotérreo¹⁵. Para la generación de geles cementantes, en el caso del cemento Portland se configura un C-S-H (silicato de calcio hidratado), el cual alberga tobermorita. Este gel se encarga de la resistencia a la compresión del material¹⁶.

El cuarzo en forma de sílice es empleado en diversos procesos de origen industrial, como constituyente hormigón, cerámica, como abrasivo, desecante en forma de gel, fertilizantes, aislantes, fabricación de cerámicas y ladrillos, refractario y también se encuentra presente en distintas técnicas de obtención de aleaciones, por tal motivo el uso de sílice se encuentra en constante evolución. Hoy en día la reutilización de materiales en distintos sectores industriales es más grandes, por ejemplo la industria del cemento reutiliza los vidrio debido a su alta concentración de sílice, lo cual permiten que el vidrio se comporte como material puzolánico, pudiendo generar compuestos con características cementantes¹⁷.

La caolinita es un material que se emplea en la industria para procesos de refinamiento con la finalidad de elevar su pureza y otras propiedades de índole comercial. Este material se usa en mayor escala en la industrial de la cerámica, por medio de un procesos térmico a este mineral se genera metacolin que es agregado a los mortero y concretos con la finalidad de mejorar el rendimiento tanto mecánico como de durabilidad, esto se debe a que se origina una mezcla con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el cual proviene de la hidratación del cemento, generando silicatos de calcio y sicoaluminatos, a la cual se conoce como uno puzolana de gran reactividad¹⁸. Además, el polvo de caolinita ha sido usado recientemente como material para la adsorción de gases como el nitrógeno, dióxido de carbono y metano provenientes de explotaciones de gas naturales¹⁹. Por otro lado, usando arena de caolinita se están desarrollando nuevos tipos de ionómeros de cemento con aumento en propiedades físicas y mecánicas e hidrolíticamente estables²⁰.

1.7 Valor económico de los minerales no metálicos en el mercado industrial

En años recientes la devaluación de los minerales metálicos está en incremento por tal motivo es necesario que el gobierno central busque nuevas alternativas para el crecimiento económico, entre las alternativas con mayor potencial de crecimiento económico destaca la extracción de minerales no metálicos: entre los que destacan el cuarzo, feldespatos, caolinita, arcillas, mármol, entre otros. Dichos minerales tienen gran demanda en el mercado interno del país además existe el potencial de que el país se convierta en un gran exportador de este tipo de material. En la tabla 3 se puede observar el PIB aportado por las distintas operaciones mineras al país.

Tabla 3. Valor agregado por industria (PIB).

Años	Explotación de minerales metálicos	Explotación de minerales no metálicos y actividades de apoyo a las minas y canteras	Explotación de Minas y Canteras (Total)
2007	0.17	0.12	0.29
2008	0.20	0.13	0.33
2009	0.18	0.13	0.31
2010	0.19	0.13	0.32
2011	0.18	0.14	0.32
2012	0.21	0.14	0.36
2013	0.22	0.15	0.38
2014	0.26	0.16	0.41
2015	0.26	0.17	0.42
2016 sd	0.28	0.18	0.45
2017 p	0.32	0.17	0.49
2018 p	0.32	0.17	0.48
2019 p	0.33	0.16	0.50
2020 prel.			0.49

Fuente: ²¹

Según los reportes mineros entregados por el Banco Central del Ecuador (BCE) denota un crecimiento en el producto interno bruto (PIB) registra un incremento de 0.20 en comparación con los años anteriores, y se espera un crecimiento aun mayor de esta actividad en posteriores años. Por lo que es necesario la implementación de leyes y reformas con la finalidad de impulsar el desarrollo de esta parte del sector minero a su vez que también impulse la economía del país.²¹ En la tabla 4 se puede observar las toneladas de minerales no metálicos que se producen anualmente y que mayormente se consumen en el mercado nacional²².

Tabla 4. Principales materias primas no metálicas en toneladas.

	ARCILLA	CALIZA	CAOLÍN	FELDESPATO	SÍLICE	PÓMEX
Años	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas
2005	1,318,356	4,854,958	25,078	38,250	37,790	636,778
2006	1,309,343	5,456,546	11,504	67,844	36,208	707,864
2007	1,413,419	6,326,616	18,618	63,557	33,907	941,653
2008	1,577,933	5,366,498	42,614	86,889	24,799	1,024,896
2009	1,276,529	4,956,672	28,775	111,985	73,921	924,527
2010	1,414,853	3,862,308	41,089	156,888	60,019	718,908
2011	2,016,027	5,309,485	95,062	103,498	83,275	802,397
2012	1,949,509	3,809,822	42,564	152,590	136,806	951,356
2013	1,412,990	6,838,391	100,195	210,142	90,565	1,735,449
2014	776,308	6,319,428	40,236	183,259	80,869	1,728,949
2015	479,622	3,809,822	63,829	247,253	84,473	1,008,212

Fuente: ²²

Tomando como referencia las toneladas extraídas de feldespatos y conociendo su precio en el mercado internacional, alrededor de \$70 por toneladas, se estima que la producción de feldespatos anuales aporta \$16 millones de dólares al PIB del país.

CONCLUSIONES

Las principales materias primas no metálicas que se extraen en la provincia son los feldespatos, caolín y silicatos. Los yacimientos de dichos minerales se encuentran ubicados en las ciudades de Portovelo, Zaruma y Marcabelí son un aporte fundamental para la industria minera de El Oro.

Se determinó que los principales minerales no metálicos que se extraen tienen uso principalmente en la industria de producción de cerámicas y afines, especialmente como materias primas y en otras como aditivos. Además, tienen uso en la industria cementera, específicamente como aditivos para mejorar la calidad del cemento portland producido. Por último, investigaciones recientes han establecido que también se pueden usar en otras industrias como materiales absorbentes.

La extracción de minerales no metálicos representa un gran aporte económico a la provincia puesto que su extracción y comercialización en el mercado interno del país dejan ganancias sustanciales al sector minero de la provincia. Además, es un mercado que se encuentra en pleno auge y que en posteriores años se puede transformar en una de las principales fuentes de ingreso económico, por lo que su desarrollo es vital para el crecimiento del país.

REFERENCIAS

- (1) GAD El Oro. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial El Oro. GADP El Oro **2015**, 0 (0), 226–273.
- (2) Manrique-Carreño, J. L.; Guamán-Jaramillo, G. A. Estudio de Prospección Geoquímica En Sedimentos de Las Microcuencas Chirimoyo y Guineo, Ecuador. *Rev. Boletín Geol.* **2020**, 42 (1), 39–55. <https://doi.org/10.18273/revbol.v42n1-2020002>.
- (3) Piñas, G. del cantón. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantonal. 2015, pp 1–448.
- (4) GAD del cantón Marcabelí. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del Cantón Marcabelí.
- (5) U.S Department of Transportation. Rock and Mineral Identification for Engineers. *Fed. Highw. Adm.* **1991**, No. November.
- (6) Cornejo, P. Depósitos Minerales No Metálicos Del Ecuador. *Esc. Politécnica Nac.* **2017**, No. June, 37. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24008.11523>.
- (7) Sanchez Muñoz, L.; García Guinea, J. Feldspatos: Mineralogía, Yacimientos y Aplicaciones. *Recursos Minerales de España, Textos Univ.* 1992, pp 441–470.
- (8) Korbel, P.; NovAK, M. *The Complete Encyclopedia of Minerals.* **2001**, 299.
- (9) Bartolomé, J. El Caolín: Composición, Estructura, Génesis y Aplicaciones. *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.* **1997**, 36 (1), 7–19.
- (10) Klein, C.; Hurlbut, J. *Manual de Mineralogía. Volumen 1 : Basado En La Obra de J. D. Dana.* **1997**, 396.
- (11) Alvarez-Rozo, D. C.; Sánchez-Molina, J.; Corpas-Iglesias, F. A.; Gelves, J. F. Características de Las Materias Primas Usadas Por Las Empresas Del Sector Cerámico Del Área Metropolitana de Cúcuta (Colombia). *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.* **2018**, 57 (6), 247–256. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.04.002>.
- (12) Fuertes, V.; Reinoso, J. J.; Fernández, J. F.; Enríquez, E. Engineered Feldspar-Based Ceramics: A Review of Their Potential in Ceramic Industry. *J. Eur. Ceram. Soc.* **2022**, 42 (2), 307–326. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2021.10.017>.
- (13) Zhao, L.; Ma, X.; Song, S.; You, P.; Wu, H. Activating Effect of Potassium Silicate Solution in Low Portland Cement Binder. *Constr. Build. Mater.* **2022**, 319, 126091. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.126091>.
- (14) Rajput, B. L.; Pimplikar, S. S. Abrasion and Impact Resistance of Concrete Produced with Nano-Silica. *Mater. Today Proc.* **2021**. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.10.268>.
- (15) Pardo, N.; Penagos, G.; Correa, M.; López, E. Desarrollo de Morteros de Bajo Impacto Ambiental a Partir de Residuos Sílico-Aluminosos Activados Alcalinamente Del Sector Minero. *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.* **2021**, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2021.09.003>.
- (16) Faccin, F.; Prado, A.; Tomba Martinez, A. G.; Ramajo, L. Evaluación de La

Resistencia Al Choque Término de Hormigones Refractarios Silicoaluminosos. Efecto Del Tratamiento Térmico. *Boletín la Soc. Española Cerámica y Vidr.* **2019**, 58 (6), 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2019.05.002>.

- (17) Trezza, M. A.; Rahhal, V. F. Comportamiento Del Residuo de Vidrio Molido En Cementos Mezcla: Estudio Comparativo Con Microsilice. *Rev. Mater.* **2018**, 23 (1). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0311>.
- (18) Sánchez-Soto, P. J.; Garzón, E.; Pérez-Villarejo, L.; Eliche-Quesada, D. Sintering Behaviour of a Clay Containing Pyrophyllite, Sericite and Kaolinite as Ceramic Raw Materials: Looking for the Optimum Firing Conditions. *Bol. la Soc. Esp. Ceram. y Vidr.* **2021**, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2021.09.001>.
- (19) Du, X.; Pang, D.; Zhao, Y.; Hou, Z.; Wang, H.; Cheng, Y. Investigation into the Adsorption of CO₂, N₂ and CH₄ on Kaolinite Clay. *Arab. J. Chem.* **2021**, 15 (3), 103665. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103665>.
- (20) Osiro, O. A.; Kariuki, D. K.; Gathece, L. W. Synthesis and Characterization of Ionomer-Type Cements from Alkaline-Activated Kaolinite. *J. Non-Crystalline Solids X* **2021**, 13, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.nocx.2021.100079>.
- (21) Banco Central del Ecuador. Reporte de Minería Primer Trimestre 2021. **2021**, 1–35.
- (22) BCE. Reporte de Minería. Banco Cent. del Ecuador **2016**, 17.