

Influence of petrominerographic characteristics of limestone rocks on calcium oxide production, Bambamarca 2021

Gianmarco J. Chero¹, Wilser Muñoz², Ricardo Portilla Ing³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. chero.gianmarco@gmail.com, wilsermu@gmail.com, miguel.portilla@upn.edu.pe

Abstract- The purpose of this research work is to determine the influence of the petrominerographic characteristics of limestone rock in the production of calcium oxide. The methodology is based on field and laboratory work, also by data provided by the owners of each of the lime companies. The work was carried out based on 1 limestone rock sample per company, a total of 5 samples from the lime companies of Bambamarca for the realization of two studies, one petrographic and the other geochemical. The results of the petrominerographic analysis identified the most favorable zones for the production of quicklime, and also identified which formation contains the best purity of calcium oxide.

Key words: Petrominerographic characteristics, limestone rock, calcium oxide, lime kilns.

Influencia de las características petrominerográficas de rocas calizas en la producción de óxido de calcio, Bambamarca 2021

Gianmarco J. Chero¹, Wilser Muñoz², Ricardo Portilla Ing³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. chero.gianmarco@gmail.com, wilsermu@gmail.com, miguel.portilla@upn.edu.pe

Resumen- Este trabajo de investigación tiene por finalidad determinar la influencia de las características petrominerográficas de roca caliza en la producción de óxido de calcio. La metodología se basa en trabajos realizados de campo y en laboratorios, También por datos brindados por los titulares de cada una de las empresas caleras, El trabajo fue realizado a base de 1 muestra de roca caliza por empresa, en total 5 muestras de las empresas caleras de Bambamarca para la realización de dos estudios, uno petrográfico y otro geoquímico. Los resultados de los análisis petrominerográficos se logro identificar las zonas más favorables para la producción de cal viva, asimismo se identificó que formación contiene la mejor pureza de óxido de calcio.

Palabras Claves: Características Petrominerográficas, roca caliza, óxido de calcio, caleras.

I. INTRODUCCIÓN

En un contexto internacional, podemos mencionar que la cal es un material que se ha utilizado en diversas culturas ancestrales, lo cual a permitido mejorar el trabajo en diferentes industrias como la metalurgia, hidrocarburos, textilera, Construcción, etc; además esto ha permitido que la roca caliza sea el producto no metálico de mayor volumen de producción con más del 50% anual. [1]

El Perú cuenta con grandes canteras de roca caliza a lo largo y ancho de su territorio, y esto se da a conocer mediante las estadísticas generales de esta roca industrial como el material no metálico con mayor extracción de TM por año. [2]

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Las rocas y minerales industriales en nuestro país, presentan gran importancia y relevancia ya que tienen muchos usos en las industrias, por lo tanto es necesario realizar estudios de prospección de recursos RMI por cada una de las regiones, esto permitirá más interés por parte de los inversionistas en la exploración y explotación de estos yacimientos. [3]

Las rocas carbonatadas en Perú forman parte de buenos metalotectos que están asociados a factores geológicos y forman yacimientos polimetálicos, esto se dio a conocer en el año 2017 en donde se desarrolló un estudio litogeoquímico en zonas de las regiones de Cusco y Apurímac, en el cual se dio a conocer que la formación geológica Arcurquina (con presencia de rocas calizas) presenta yacimientos tipo skarn de Ag, Au, Cu, Mo. [4]

En la formación Cajamarca se encuentran presentes calizas gris oscuras o azuladas, estas constituyen estratos medios a gruesos con una estratificación paralela, además suelen presentar superficie ondulada e irregular, por otro lado también hay presencia de estratos delgados nodulares de calizas gris claras a marrón claras, estas con algunas margas delgadas. [5]

La explotación de las RMI será fundamental para el aprovechamiento local y regional, ya que favorecerá el desarrollo y por consiguiente la extracción de los recursos existentes, lo cual generará mayor fuente de trabajo a la población. [6]

Al realizar los estudios petrográficos estos muestran proporciones de distintos minerales presentes en la muestra y también revelan distribuciones espaciales, las cuales permiten la correlación de las condiciones petrográficas. [7]

La mayoría de calizas que pertenecen a las series marinas y continentales son depósitos biogénicos principalmente formados debido a la acumulación de organismos calcáreos, y en otros casos también por procesos de cementación y recristalización. [8]

En el año 2010 la producción de óxido de calcio fue de 310.000 toneladas métricas y esta producción continuará creciendo durante los próximos años, es por ello que se deben realizar más estudios petrominero gráficos referentes a rocas calizas para así lograr una mejor explotación y producción. [9]

La evaluación tanto física como química de manera adecuada de las rocas calizas permite servir como base en el diseño de obras mineras, esto debido a que ayuda a entender el método de explotación de manera correcta en la optimización de este método. [10]

Estos estudios petrográficos consisten en la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o láminas delgadas. [11]

Es importante tener en cuenta una actividad de muestreo cada mes de acuerdo al avance de explotación de la roca caliza, para así determinar las leyes de óxido de calcio y evitar ingresar en zonas contaminadas. [12]

Los estudios petrominero gráficos en secciones delgadas se realizan teniendo como funciones principales la composición y la textura; además se consideran las clasificaciones de Folk (1959 – 1962), Dunham (1962), Embry y Klován (1971), que tratan del análisis macroscópico y microscópico de las características de las rocas calizas. [13]

Los minerales calcáreos como la roca caliza se usan en procesos metalúrgicos de forma directa o como cal, según estudios se puede entender que en esta industria se consume más del 30% del total de producción de caliza a nivel mundial. [14]

La caliza se define como una roca sedimentaria que al menos está compuesta por el 50% de carbonato de calcio, carbonato de magnesio y aragonito, con diferentes porcentajes de impurezas con contenido de carbonato de calcio. [15] Normalmente el carbonato de calcio se forma por la acumulación de caparzones y conchas de organismos vivos o también por precipitación química directa desde soluciones acuosas [16]

Una de las mejores clasificaciones que se da en los trabajos de campo lo dio a conocer Dunham (1962), para ello se basó en la textura, características estructurales, las relaciones de los componentes estructurales primarios (grano de carbonato y cemento de calcita); además También tomó en cuenta la presencia y ausencia de lodo calcáreo, litificación in situ y la posición de crecimiento, en campo es fácil distinguir esto con el apoyo de una lupa de geólogo y nos vamos a dar cuenta

que existen 6 tipos básicos: roca caliza cristalina, mudstone, wackestone, packstone, grainstone, boundstone. [17]

La roca caliza desde tiempos antiguos fue de gran importancia para la población, esto se dio porque presenta características fisicoquímicas que facilitan su uso como insumo para la fabricación de yeso, cal, cemento y otros. [18]

La caliza es una roca sedimentaria formada principalmente por la acumulación de sedimentos, compuesta por carbonato de magnesio y carbonato de calcio, siendo este último el material principal; sin embargo antes o después de consolidarse esta se disuelve y partículas de magnesio en el agua reemplazan una parte del calcio formando la dolomita. [19]

La roca caliza favorable para ser explotada según estudios pertenece a la edad del cretácico superior, entonces interpretando geológicamente estaría presente en la formación Cajamarca y Celendín; por lo cual estas rocas se depositaron en un ambiente marino de moderada profundidad. [20]

En la actualidad en la región Cajamarca hay interés por la explotación de la roca caliza, debido a que hay presencia de unidades litológicas calcáreas, pero no todas estas rocas son óptimas para la producción de cal; por lo tanto es importante y necesario realizar análisis químicos de laboratorio. [21]

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Etapa de gabinete (Pre campo)

En esta primera etapa se realizó la recopilación y selección de información bibliográfica pertinentes sobre las variables involucradas, antecedentes a nivel nacional e internacional sobre las características petrominero gráficas de rocas calizas y sobre la producción de óxido de calcio. También se delimitaron las áreas de estudio y se ubicaron las rutas de acceso a las diferentes zonas caleras, para ello se elaboraron los mapas correspondientes con ayuda del software ARCGIS 10.5, estos mapas serán de mucha importancia para la siguiente etapa de campo.

B. Etapa de campo

Esta etapa es muy importante, ya que se procederá a realizar el cartografiado geológico de la zona delimitada y esto con el propósito de documentar las características petrominero gráficas de las rocas calizas, los detalles litológicos de la zona, estructuras, reconocimiento de formaciones, etc. Todo esto con ayuda de los materiales como el GPS, martillo, brújula, lupa, libreta de campo, entre otros. También se realizó la recolección de las muestras para su posterior estudio en laboratorio con microscopio, cada una de las muestras que se recolecto tuvo la información de los puntos de donde estas fueron obtenidas. Además de ello se tomaron las fotografías correspondientes de las diferentes zonas caleras donde se realizaron los estudios.

C. Materiales de campo

Mapas de ubicación, mapas topográficos y geológicos, imágenes satelitales, brújula tipo brunton, GPS, libreta de campo, picota de geólogo, rayador de Dureza, lupa de geólogo 20x, protactor, tablero, cámara fotográfica, laptop.

D. Trabajo en gabinete (Post campo)

Con toda la información obtenida en campo, en esta etapa se procedió a analizar los datos que se obtuvieron en la etapa de campo, luego se realice la elaboración de mapas en software ArcGIS y un inventario en software Word. Las muestras recolectadas en campo, fueron analizadas en el laboratorio donde se procederá a realizar la preparación, descripción, análisis e interpretación petrominero gráfica de cada una de las muestras. Luego se interpretaron los resultados para poder hacer la identificación de los tipos de rocas calizas, en que formación se encuentran y cuales de estos tipos de rocas contienen mayor pureza para la producción de óxido de calcio.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Bambamarca, departamento de Cajamarca, a una altitud de 2532 m.s.n.m.

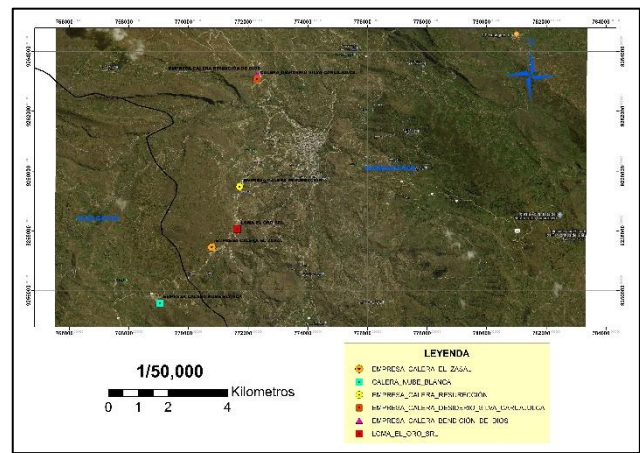


Figura 1: Mapa de ubicación y accesos a zona de estudio.

B. Accesibilidad

A las áreas de estudio que se encuentran en la provincial de Bambamarca, se accede desde la ciudad de Cajamarca por Carretera, hay una distancia de 112 Km los cuales se realizan en un periodo aproximado de 2 horas con 30 minutos.

C. Zonas estudiadas

En la tabla a continuación se muestran las seis zonas que fueron motivo de estudio.

Tabla 1: Zonas de estudio

Unidad minera	Ubicación	Coordenadas
Bendición de Dios	Distrito de Bambamarca, sector Maygasbamba	E: 772304.00 N: 9263212.00 A: 2743 msnm
	Distrito de Bambamarca, sector Maygasbamba	E: 772283.00 N: 9263082.00 A: 2719 msnm
Loma el Oro SRL	Distrito Bambamarca, sector frutillo alto Km 7	E: 771628.60 N: 9258053.29 A: 3100 msnm
	Distrito de Bambamarca, Caserío frutillo bajo	E: 771716 N: 9259474 A: 2828 msnm
Nube blanca	Distrito de Bambamarca, Apan alto	E: 769029 N: 9255580 A: 3053 msnm
	Distrito Bambamarca, Apan bajo	E: 770772 N: 9257446 A: 3012 msnm

D. Geología

En la geología regional afloran rocas sedimentarias y también volcánicas, que van desde el mesozoico hasta el cenozoico, las rocas sedimentarias suelen tener un espesor promedio de 600 m. Esta secuencia de rocas sedimentarias se encuentra constituida por una serie de rocas carbonatadas. Por otro lado las rocas volcánicas subrayan a las rocas sedimentarias que son del cretáceo y suelen estar presentes en discordancia angular.

Formación Celendín. Se emplaza concordantemente con la formación Jumasha y también influye a la formación Casapalca. Esta formación tiene un grosor regularmente que es constante de 500 m y suele estar plegado en conjunto con la formación Jumasha, siendo estas erosionadas para formar el denominado cañón de Huactahuano. En la formación están presentes calizas margosas nodulares pero pobremente estratificadas, también se encuentran fósiles y se intercalan con calizas, limoarcillitas grises y margas que por lo general tienden a dar lugar a que la morfología sea moderada a suave y con mucha cobertura de suelo.

Formación Cajamarca. Yace concordantemente sobre la formación Quilquiñan y asimismo con la misma relación infrayace con la formación Celendín, su espesor varía entre los 600 a 700 metros. La presente formación está compuesta de calizas gris oscuras o azuladas y con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas suelen estar presentes en bancos que son regularmente gruesos pero con escasos fósiles.

E. Análisis Geoquímico

Para el presente análisis se recolectaron 5 muestras de roca caliza de las principales empresas caleras de Bambamarca, las cuales fueron preparadas en bolsas de muestreo con su respectiva codificación para su posterior envío a laboratorio.

Cada una de las muestras pasaron por el proceso de chancado y tamizado (malla 100); se pesaron 4 gr de cada muestra para luego ser introducidas a la mufla a una temperatura de 1200° C por un tiempo de 4 horas para una calcinación adecuada. Una vez calcinadas las muestras, se procedió a tamizar (malla 100) a cada una de estas para su posterior pesado y se separó solo 2,8 gr de cada una de estas muestras calcinadas. También se prepararon: 8.3 ml de HCL en una fiola de 100 ml y se afloró con agua destilada, se pesó 40 gr de azúcar rubia por cada una de las muestras, luego se preparó la fenoltaleína.

A continuación se realiza el procedimiento para obtener la ley de óxido de calcio y sus impurezas de cada una de las muestras, para ello se procedió a lo siguiente; En un matrás Erlenmeyer se agregó 2,8 gr de muestra calcinada y 40 ml de agua destilada y se agitó para que reaccionen ambos elementos, posteriormente se lleva el matrás Erlenmeyer con el contenido a un Mechero Bunsen hasta calentar, paralelamente se calienta 20 ml de agua destilada, luego se agregó los 20 ml al matrás y se agitó, por consiguiente se procedió a introducir 40 gr de azúcar y se agitó por 3 minutos, y se deja en reposo hasta enfriar. Luego el matrás con contenido se puso a calentar en el mechero mientras se agitaba, y se dejó enfriar (este último paso se repitió por 3 veces consecutivas); se agregó 3 gotas de $C_{20}H_{14}O_4$ hasta apreciar un color rosado, luego se cargó la Bureta con 50 ml de HCL y se comenzó a titular, dejando caer gotas de HCL en el matrás con contenido mientras se agitaba hasta cambiar de color, luego se observó cuantos ml de HCL se han gastado durante la titulación y ese valor sería el porcentaje de óxido de calcio.

Tabla 2: Análisis Geoquímico por el método de separación

MUESTRA	ZONA	LEY (%)	MATERIAL -PUREZA
M01	Loma el Oro	66.15%	Cal viva
M06	Bendición de Dios y el Progreso	90%	Cal viva
M08	Resurrección	81.24%	Cal viva
M09	Nube Blanca	83.85%	Cal viva
M10	El Zasal	77%	Cal viva

Para el estudio Geoquímico se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla (2) en donde se puede apreciar los porcentajes de leyes y pureza de cada muestra que fueron enviadas a laboratorio. Asimismo, se observa que las leyes son mayores al 50% en cada una de las empresas caleras, lo cual son zonas favorables para las actividades de extracción de cal viva. También se puede mencionar lo siguiente:

- En la muestra M01 correspondiente a la empresa calera Loma el Oro se obtuvo un porcentaje de pureza de óxido de calcio del 66.15% esto debido a la presencia de impurezas presentes en su formación. Asimismo en la

muestra M06 que pertenece a la empresa Calera Bendición de Dios y el Progreso se obtuvo una ley del 90% de cal viva lo cual nos indica que es la zona más favorable para la producción de óxido de calcio.

Para obtener el porcentaje de impureza en cada una de las muestras se realizó lo siguiente: el contenido del matr az Erlenmeyer se filtró (papel de filtro cuantitativo) para obtener la parte sólida de las muestras, y como estas se encontraban humedas, se procedió al secado en la mufla a 200  C por 10 minutos y posteriormente se retir . Luego se llenó en los crisoles y se colocó a la mufla de 500  C por 40 minutos, luego se retir  y se procedió a pesar obteniendo el valor de la impureza (Fe_2O_3), luego nuevamente se colocó a la mufla de 500  C por un tiempo de 1 hora para obtener las impurezas del SiO_2 , de igual manera se hizo para obtener las impurezas del Al_2O_3 por un tiempo de 1 hora y 30 minutos.

Tabla 3: Obtención de impurezas y elementos contaminantes

MUESTRA	ZONA	CANTIDAD (gr)	IMPUREZA
M01	Loma el Oro	0.143 gr	óxido de hierro
		0.115 gr	óxido de silicio
		0.0805 gr	óxido de aluminio
M06	Bendición de Dios y el Progreso	0.043 gr	óxido de hierro
		0.038 gr	óxido de silicio
		0.019 gr	óxido de aluminio
M08	Resurrección	0.072 gr	óxido de hierro
		0.064 gr	óxido de silicio
		0.0516 gr	óxido de aluminio
M09	Nube Blanca	0.0605 gr	óxido de hierro
		0.0593 gr	óxido de silicio
		0.0417 gr	óxido de aluminio
M10	El Zasal	0.0942 gr	óxido de hierro
		0.0809 gr	óxido de silicio
		0.0549 gr	óxido de aluminio

En la tabla 3 observamos las impurezas presentes en cada una de las muestras que se analizaron en laboratorio, en donde se aprecia tres tipos de impurezas, los cuales son Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3 . Observamos que la presencia de estos elementos asociados es en mayor cantidad en la zona de Loma el Oro y en menor cantidad en la zona de Bendición de Dios y el progreso.

Tabla 4: Leyes de elementos contaminantes en porcentajes

MUESTRA	ZONA	CANTIDAD (gr)	LEY (%)	IMPUREZA
M01	Loma el Oro	0.143 gr	14.3%	óxido de hierro
		0.115 gr	11.5%	óxido de silicio
		0.0805 gr	8.05%	óxido de aluminio
M06	Bendición de Dios	0.043 gr	4.3%	óxido de hierro
		0.038 gr	3.8%	óxido de silicio
		0.019 gr	1.9%	óxido de aluminio
M08	Resurrección	0.072 gr	7.2%	óxido de hierro
		0.064 gr	6.4%	óxido de silicio
		0.0516 gr	5.16%	óxido de aluminio
M09	Nube Blanca	0.0605 gr	6.05%	óxido de hierro
		0.0593 gr	5.93%	óxido de silicio
		0.0417 gr	4.17%	óxido de aluminio
M10	El Zasal	0.0942 gr	9.42%	óxido de hierro
		0.0809 gr	8.09%	óxido de silicio
		0.0549 gr	5.49%	óxido de aluminio

F. Análisis Petrográfico

Para el presente análisis petrográfico, se recolectaron 5 muestras de rocas calizas de las zonas de estudio para su posterior envío a laboratorio, estas fueron cortadas a un grosor de 8 mm, para luego pasar a esmerilarlas (para obtener una planitud completa).

Luego estas láminas delgadas fueron observadas microscópicamente y se capturo las imágenes necesarias para describirlas mediante la observación de los testistas y así poder reconocer el tipo de textura, tamaño de grano y algunos elementos asociados, esto con el fin de conocer las influencias petrominerográficas de rocas calizas en la producción de óxido de calcio en la zona de investigación.

Mediante los estudios realizados en laboratorio logamos determinar las diferentes características de las rocas calizas de cada una de las empresas caleras.

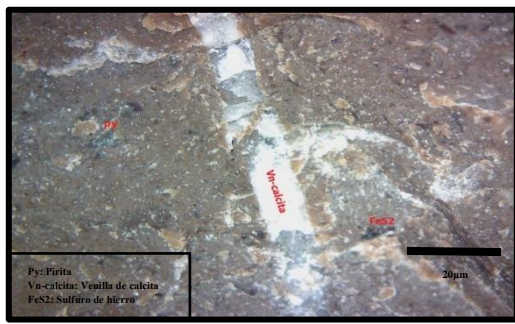


Figura 2: Fotomicrografía de muestra de caliza con presencia de sulfuros de hierro, venillas de calcita, piritita diseminada (Fuente propia)

En la fig. 2 Fotomicrografía de la muestra que pertenece a la zona Loma el Oro que se encuentra dentro de la formación Celendín, presenta un color marrón claro, en donde se puede distinguir presencia de sulfuros de hierro como piritita diseminada en pequeños cristales, venillas de calcita cristalizada de tamaño regular con un espesor de 0.5cm; también se aprecia moldes de calcita de tonalidad blanquecina y crema, además presenta una textura micrítica de grano intermedio según Folk (1962) y una textura Mundstone según Dunham (1962).



Figura 3: Muestra zona Loma el Oro

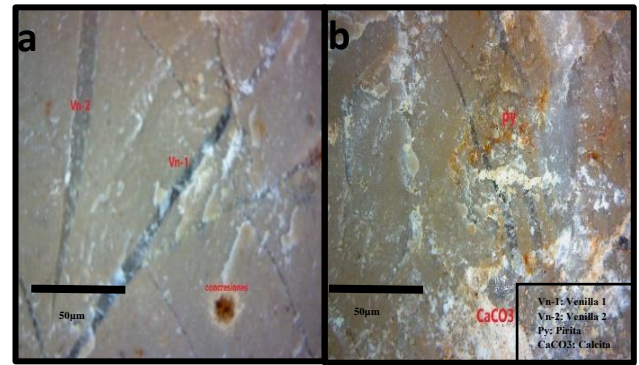


Figura 4: a) Fotomicrografía de caliza con presencia de venillas de calcita y concreciones. b) presencia de piritita diseminada y calcita (Fuente propia).

En la fig. 4 Fotomicrografía que representa a la muestra de la zona de Bendición de Dios y el Progreso perteneciente a la formación Cajamarca la cual presenta un color azulado, en donde se puede apreciar concreciones de piritita diseminada y es por ello que estas se oxidan debido a la filtración de aguas superficiales, vetillas regulares de espesor mayor a 0.30 cm las cuales presentan un color oscuro debido a la presencia de Mn, además se observa venillas finas cortadas por las de espesor mayor; también se aprecia cristales de piritita. a) Las tonalidades cremosas se deben a las impurezas presentes en las rocas calizas. b) Las partes blanquecinas es porque la concentración de carbonato de calcio suele ser más pura.

La textura es micrítica de grano fino según Folk y textura Mundstone según Dunham.



Figura 5: Muestra zona Bendición de Dios y el Progreso

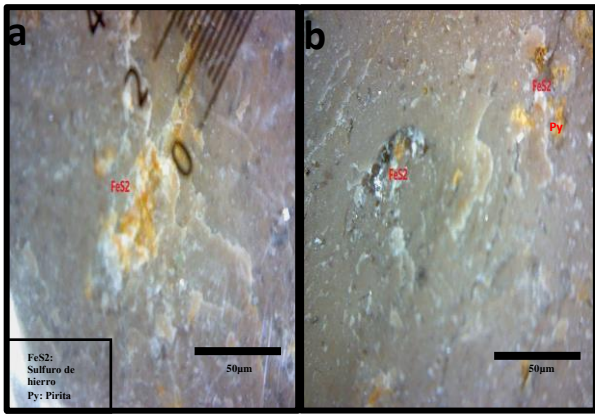


Figura 6: a) Fotomicrografía de roca caliza con presencia de sulfuro de hierro. b) presencia de cristales de pirita (Fuente propia)

En la fig. 6 Fotomicrografía de la roca caliza perteneciente a la zona de Resurrección, presenta un color gris azulado, concreciones con presencia de cristales de pirita y óxido de hierro, venillas irregulares de color grisáceas, también se observa una textura micrítica de grano fino-intermedio según Folk y Mundstone segun Dumhan; además las características mencionadas se encuentran presentes en mayor cantidad en la formación Cajamarca.



Figura 7: Muestra zona Resurrección

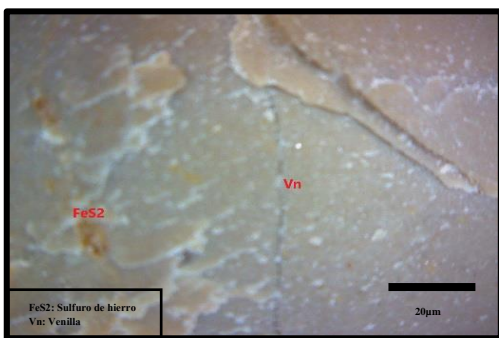


Figura 8: óxido de hierro, venillas de color grisacea y concreciones de minerales. (Fuente propia)

Fig. 8 Fotomicrografía de la muestra que pertenece a la zona Nuble Blanca, se aprecia concreciones de minerales como el óxido de hierro, venillas de color grisácea de un grosor aproximado de 2 mm, además presenta textura micrítica según clasificación de Folk y textura Mundstone de grano fino a intermedio según clasificación de Dunham, la muestra presenta un color gris claro.



Figura 9: Muestra zona Nube Blanca

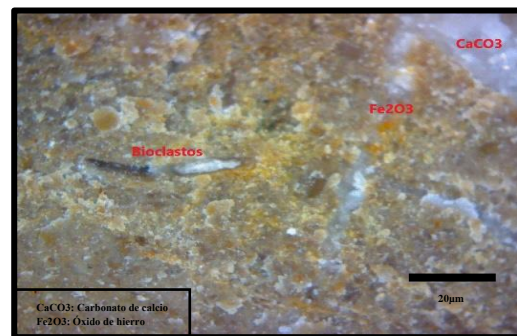


Figura 10: Reemplazamiento de calcita y óxidos de hierro (Fuente propia)

En la fig. 10 Fotomicrografía de la roca caliza que pertenece a la zona el Zasal, en donde se puede observar esporádica presencia de bioclastos, algunos de ellos con reemplazamiento de calcita a causa de la infiltración de las aguas meteóricas, óxidos de hierro. Textura esparítica de grano grueso segun Folk y Grainstone segun Dunham. El color de la muestra es gris amarillento.



Figura 11: Muestra zona el Zasal

Teniendo en cuenta los presentes resultados obtenidos en el estudio petrográfico y geoquímico, hemos realizado la descripción y interpretación de las imágenes microscópicas, así mismo en el estudio geoquímico se ha calculado el porcentaje de pureza de óxido de calcio.

IV. CONCLUSIONES

En el presente estudio, se utilizó la clasificación petrominerográfica para identificar los componentes de las muestras estudiadas. Los resultados mostraron la presencia de pirita diseminada en pequeños cristales, venillas de calcita cristalizada, concreciones de pirita, vetillas regulares con presencia de Mn y bioclastos con reemplazamiento de calcita. Además, se pudo concluir que las oxidaciones del material estudiado se generan a partir de la filtración de aguas meteóricas.

En la zona 1 denominada Loma el Oro, se encontró la formación Celendín, que está compuesta principalmente de calizas con poca presencia de fósiles, específicamente foraminíferos. Además, se identificó la presencia de sulfuros de hierro en pequeños cristales que se pueden observar con lupa, así como venillas de calcita con una tonalidad blanquecina. Por medio de la observación directa, se logró diferenciar una textura mundstone en la roca.

En la zona 2, conocida como Bendición de Dios y el Progreso, se encuentra presente la unidad geológica Cajamarca, la cual está compuesta principalmente por rocas calizas, mediante análisis petrográficos y geoquímicos se ha determinado que estas rocas calizas tienen un bajo contenido de material fósil, lo que las convierte en un excelente material para la producción

de óxido de calcio, ya que presentan menos contaminantes y más material aprovechable, por otro lado, se ha observado la presencia de pequeñas filtraciones de aguas superficiales, las cuales generan oxidaciones en la roca caliza y asociado a estas oxidaciones, se ha encontrado pirita diseminada en la roca, la presencia de pirita sugiere la existencia de un ambiente reductor durante la deposición de la roca caliza, mientras que la presencia de oxidaciones sugiere la existencia de un ambiente oxidante posterior a la deposición de la roca. Es importante destacar que el óxido de calcio es un compuesto químico ampliamente utilizado en diversas industrias, como la construcción, la metalurgia, los hidrocarburos, textilera. Por lo tanto, la presencia de rocas calizas con bajo contenido de material fósil y alto contenido de calcita en la zona 2 de Cajamarca, representa un recurso geológico de gran importancia económica y estratégica.

De las cinco zonas estudiadas, se identificó que las áreas de Nube Blanca y Bendición de Dios son las más prometedoras para la producción de cal, debido a que contienen rocas calizas con altos porcentajes de óxido de calcio. Según los análisis geoquímicos realizados en laboratorio, la pureza del óxido de calcio en la zona de Nube Blanca es del 83.85%, mientras que en la zona de Bendición de Dios es del 90%. Además, en ambas zonas, las rocas presentan una textura mundstone, con un grano fino a intermedio que sugiere una deposición tranquila en un ambiente marino poco profundo. Estas características hacen de las zonas de Nube Blanca y Bendición de Dios las áreas más prometedoras para la explotación de recursos de carbonato de calcio.

Según los resultados obtenidos de los análisis petrográficos y geoquímicos de las cinco zonas estudiadas, se pudo concluir que no todas presentan las condiciones óptimas para la producción de óxido de calcio. En algunas de ellas, la presencia de contaminantes hace inviable su explotación, mientras que en otras se encontró una mayor pureza del mineral, lo que las convierte en zonas favorables para su extracción. Cabe destacar que la realización de estudios geológicos y análisis de laboratorio previos son fundamentales para determinar la viabilidad de la explotación de este recurso no metálico.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a DIOS por mantenernos con vida, salud y permitirnos concluir el presente trabajo.

El presente trabajo se ejecutó en la Universidad Privada del Norte (UPN).

REFERENCIAS

- [1] Culqui Romero, M. A. (2017). *Influencia de la calidad de las calizas para la producción de cal viva en la calera La Conga del caserío de Sogorón Alto Distrito de la Encañada, Cajamarca 2017*. UPN institucional: Alicia-CONCYTEC. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_517b34d66d0327063d3b3cbb9c58bd2b
- [2] Silva Valencia, J. Z., & Custodio Camacho, R. A. (2017). *Análisis de costos para el dimensionamiento de una flota en la Cantera de Roca Caliza Tres Pirámides – Acshupata – 2017*. Cajamarca: CONCYTEC. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_c3ce507411c71cadf784da73eb2a5900
- [3] Torre Antay, J., Díaz Valdiviezo, A., Carpio Ronquillo, M., & Ramirez Carrión, J. F. (2016). Yacimientos de calizas y sus implicancias industriales en la región La Libertad. *INGEMMET*, 5. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2756>
- [4] Trinidad, I., Mamani, M., & Sanchez, E. (2021). Geología del cuadrángulo de Huancayo (hojas 25m1, 25m2, 25m3, 25m4) - [Boletín L 19]. *INGEMMET*, 4. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3139>
- [5] Boulanger Rondoy, E., & Sipión Baltodano, C. (2020). *estudio de recursos de rocas y minerales industriales para la inclusion económica social y desarrollo en la region cajamarca*. Lima: Repositorio INGEMMET. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2800>
- [6] Díaz Valdiviezo, A., & Rodríguez Morante, I. (2018). POTENCIAL, PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES DEL PERÚ 1970-2017. *repositorio Ingemmet*, 17. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1745>
- [7] Avedaño Sánchez, G. M., García González, M., Cruz Guevara, L. E., & Cruz Ceballos, L. F. (2021). *Análisis geoquímico y petrográfico de los cuervos y formaciones molino, subcuenca del cesar (Colombia): implicaciones en la evolución del sistema petrolero*. Bucaramanga: SCOPUS. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85108512134&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1= analisis+petrografico&sid=53a28be7a7310672b1cb4b626d02e3e8&sot=b&sdt=b&sl=36&s=TITLE-ABS-KEY%28 analisis+petrografico%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>
- [8] Ángeles Bustillo, M. (2020). *Carbonatación de diatomeas y calizas/dolomías diagenéticas en ambientes dulceacuícolas y marinos (Mioceno de Tresjuncos, Cuenca y Níjar, Almería). Un ejemplo de secuestro de CO₂ en la Naturaleza*. provincia de Cuenca: SCOPUS. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092022842&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1= calizas&sid=7b939e4ab68534a8656b4d335958e8d4&sot=b&sdt=b&sl=22&s=TITLE-ABS-KEY%28 calizas%29&relpos=4&citeCnt=0&searchTerm=f&src=s&st1= analisis+petrografico&sid=53a28be7a7310672b1cb4b626d02e3e8&sot=b&sdt=b&sl=36&s=TITLE-ABS-KEY%28 analisis+petrografico%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>
- [9] Vilca Zapana, D. M. (2019). *Estudio de la influencia de la pureza de la caliza, tamaño de partícula y temperatura para obtener Oxidó de calcio de alta reactividad mediante un diseño experimental 2K*. Arequipa: UNSA. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9206>
- [10] Orihuela Verano, R. (2021). *Influencia de la calidad de la roca caliza en el diseño del método de explotación en minera no metálica de Cajamarca*. Cajamarca: UPN. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27545?locale-attribute=es>
- [11] Servicio Geológico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>
- [12] Vargas Solorzano, S. A. (2018). *Cálculo de reservas para optimizar la extracción de roca caliza en la Empresa Minera Pihuyu Yuraq II, concesión ítalo, Cajamarca, 2017*. Cajamarca: UAP. Obtenido de <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/3591>
- [13] Cedeño Basurto, J. A. (2020). *petrografia y ambiente sedimentario deposicional de la caliza san antonio de la fromacion san eduardo eoceno al suroeste de la comuna san antonio de playas provincia del guayas*. Guayas: Universidad de Guayaquil.

- Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49996?mode=full>
- [14] Atencio Guerrero, M. J., & Britto López, Y. (2019). *Caracterización Composicional y de Resistencia a las Calizas Explotadas en las Minas del Municipio de Bosconia, en el Departamento del Cesar*. Municipio de Bosconia: DIALNET. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6943760>
- [15] Guerrero Hernández, C. J. (2001). *Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña*. Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca. Obtenido de <https://www.utm.mx/~temas/temas-docs/ensayo1t14R.pdf>
- [16] Álvarez, L., Rosas, F. O., Márquez Brazón, E. A., & Velazco, E. (2017). *Caracterización y estabilización de la fase metaestable del carbonato de calcio obtenida mediante la aplicación de una capa de $Bi_2O_2CO_3:Al$ a temperatura ambiente*. Barranquilla: Avances en Química. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2221?locale-attribute=es>
- [17] Mendoza Castellanos, E. R. (2017). “*Determinación de la composición química y mineralógica, de 5 tipos de calizas y la relación con su grado de quemabilidad en la producción de óxido de calcio, en el bloque sur de la cantera de carbonatos, Planta San Miguel, Cementos Progreso*”. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/Q234.pdf>
- [18] De los Reyes Díaz, G. C., & Mendoza Mejía, Z. (2020). *Geoquímica de las calizas del sector La Tomita, municipio de Manaure-Cesar. Aporte a la determinación de su uso como material industrial*. Municipio de Manaure: PROSPECTIVA una nueva visión para la ingeniería. Obtenido de <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/2192>
- [19] Apaza Mamani, M. F. (2020). *Proyecto de instalación de una planta de producción de cal viva e hidratada en el distrito de Asillo*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3225569>
- [20] Castrejon Salazar, N. R., & Gamonal Vera, D. Y. (2021). *Plan de minado para incrementar la producción de roca caliza en la concesión minera no metálica Juan De Dios I, Cajamarca*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80731>
- [21] Correa Rojas, D. A., & Santillan Llovera, L. (2016). *Factibilidad económica de la explotación de roca caliza para producir óxido de calcio en la concesión minera no metálica José Gálvez, Bambamarca, Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7578>