

CARACTERIZACIÓN DE UNA IMAGEN SINTÉTICA PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ARENISCAS.

L. Beleño**, Y. Torres y J.D. Colegial*

e-mail: lbeleo@bumanga.unab.edu.co

Grupo de Optica y Tratamiento de Señales - Escuela de Física

*Escuela de Geología

Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Colombia

**Facultad de Ingeniería de Sistemas

Universidad Autónoma de Bucaramanga

RESUMEN

Este trabajo está relacionado con el análisis digital de imágenes sintéticas, con el fin de caracterizar muestras de areniscas. El análisis de muestras de rocas se hizo implementando un método fundamentado en la obtención y análisis de una imagen llamada imagen sintética, la cual es el resultado de la combinación de tres imágenes tomadas con una cámara CCD a una longitud de onda específica y diferentes ángulos entre polarizador y analizador^[1,2].

El trabajo desarrollado consta de cuatro etapas fundamentales: Adquisición, mejoramiento, síntesis de la imagen y caracterización de la muestra de arenisca. Dado que la imagen obtenida muestra un alto contraste en la textura de la roca, la imagen es binarizada calculando los umbrales locales del histograma.

A partir del análisis del histograma de la imagen sintética se pueden obtener datos estadísticos en términos de pixeles para cada grano de la zona analizada, dentro de los cuales tenemos perímetro, elongación, grado de esfericidad, y otros.

La técnica digital desarrollada es una técnica opcional a los procedimientos manuales, y permite obtener análisis muy precisos para expertos en el campo de la petrografía.

ABSTRACT

This work deals with a digital procedure from synthetic image analysis, characterizing sandstone samples. The implemented method is based on the obtainment and analysis of an image called synthetic image, the one which is the result of the combination of three images taken with a CCD camera to a specific and different wavelength angles between polarizer and analyzer^[1,2].

The developed work consists of four fundamental stages: Acquisition, improvement, obtainment of the synthetic image and characterization of the sandstone sample. Since the obtained image shows a high contrast in the texture of the rock, the image is binarized calculating the local thresholds of the histogram.

The histogram of the synthetic image permits to obtained statistic data in terms of pixels for each grain from the analyzed zone, within those which we have perimeter, elongation, degree of sphericity and others parameters.

The developed digital technique is an alternative procedure to the manual procedures allowing very accurate analysis to the experts in petrography.

1. INTRODUCCION

Dadas las propiedades ópticas de los cristales^[3,4], y teniendo en cuenta que las secciones delgadas suministran datos sobre la textura y estructura de las rocas, se propone una técnica basada en la birrefringencia que caracteriza los cristales.

La intensidad registrada en cada pixel de cada imagen contribuye en un único pixel en una nueva imagen, la cual mantiene la relación de fase de cada cristal, independientemente del ángulo de incidencia y del ángulo entre polarizador y analizador^[1].

La extracción de bordes y el análisis de estos bordes permitirá eliminar el ruido de las partículas más pequeñas, lo cual permite analizar mejor los componentes principales de la muestra.

El método de la imagen sintética tiene muchas aplicaciones sobre segmentación en otros campos de las ciencias y la ingeniería. Esta imagen contiene suficiente información acerca de un área de interés, sin necesidad de recurrir a múltiples imágenes, de manera que permite identificar tanto las clases de materiales que constituyen la roca como las características de los materiales asociadas a cada clase, dependiendo de criterios específicos.

2. FUNDAMENTOS

2.1 Rocas Sedimentarias y Birrefringencia

La petrografía estudia las propiedades físicas de las rocas^[5,6], y en gran parte, la descripción de propiedades y características de las muestras se basan en la observación por medio del microscopio de polarización. Este análisis busca identificar minerales con base en sus múltiples propiedades: Transparencia, refracción, relaciones angulares, inclusiones, etc. Por otra parte busca definir sus propiedades ópticas como son: la birrefringencia, la dispersión, el ángulo de extinción, el maclado (dos o más cristales crecidos conjuntamente).

Las areniscas, presentan como propiedad característica, su conformación en un agregado de granos minerales, agrupados en tres clases principales: Cuarzo, feldespato y fragmentos de otras rocas, cada una en diferente proporción dentro de la muestra.

Además del tamaño del grano en una arenisca, se estima su distribución composicional, basándose en la proporción de ciertos minerales muy frecuentes en las areniscas y además muy significativos como indicadores de la génesis y evolución de los procesos de formación; Estos son el cuarzo, los feldespatos y los fragmentos de roca (líticos).

Los cristales que pertenecen a los sistemas hexagonal y tetragonal se denominan uniáxicos por presentar un eje óptico y poseer dos índices de refracción, de manera que un haz que incide en una dirección cualquiera respecto al eje óptico (eje cristalográfico) se divide en dos haces refractados sobre

un plano, y en dirección paralela o perpendicular respecto al eje óptico, saldrá un único haz, al cual se le relaciona con los índices de refracción extraordinario y ordinario respectivamente (ver figura 1).

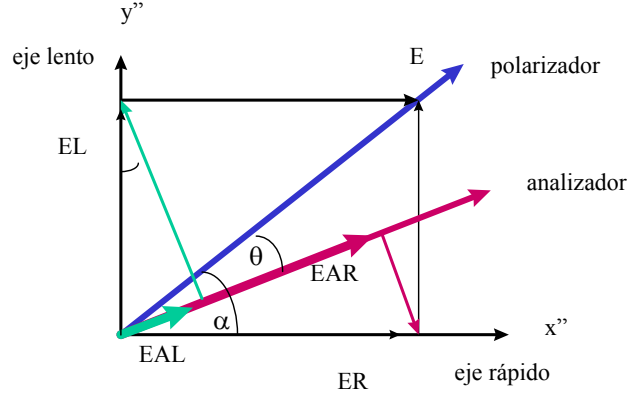


Figura 1. Descomposición de la luz al pasar por el cristal.

En general, la ecuación de un elipsoide describe la variación en los índices de refracción teniendo en cuenta los semiejes como índices de refracción principales^[7-9].

Por lo anterior, es posible medir el retardo de los dos haces cuando un haz de luz polarizada plana monocromático atraviesa un cristal anisotrópico, en términos del espesor de la sección delgada y de los índices de refracción,

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_R - n_L) d \quad (1)$$

Con n_R y n_L los índices de refracción para el eje rápido y lento y d el espesor de la sección delgada. El proceso de descomposición de la luz al pasar por un sistema polarizador, cristal y analizador, que se observa en la figura muestra que las proyecciones sobre los ejes tanto rápido como lento, tendrán componentes sobre el analizador, y dicha interferencia presentará casos particulares para polarizadores cruzados, polarizadores paralelos o cualquier otro ángulo entre polarizadores, es decir^[1,2]:

$$I = E^2 \{ \cos^2(\theta) - \sin 2(\alpha) \sin 2(\alpha - \theta) * \sin^2 \delta / 2 \} \quad (2)$$

Las variables θ y α están indicadas en la figura 1.

Esta formulación y su aplicación para evaluar los poros en una muestra de arenisca fue verificada por primera vez por Gualdrón et Al.^[1,2].

2.2 Clasificación de Imágenes

Para el proceso de clasificación de imágenes digitales se busca, mediante una técnica adecuada, obtener una imagen que permita identificar y cuantificar características, de manera que el número de clases depende de la aplicación y se determina a través de la observación de muchos patrones representativos, sin embargo, es importante realizar procesos de mejoramiento de la imagen antes de iniciar el proceso de segmentación y clasificación.

El análisis de los histogramas de niveles de gris da una descripción general de la imagen, dado que la distribución de niveles de gris proporciona una estimación de la densidad de probabilidad de la intensidad de la luz^[11,12].

La técnica de umbralización aplicada a los histogramas, usa un valor dado como umbral y el valor de brillantez de cada pixel para asignarlo a una u otra categoría dependiente de si excede o no el umbral.

De acuerdo al número de clases^[12-14], es posible, mediante la binarización, obtener una imagen binaria o una imagen sintetizada, la cual es la superposición de imágenes binarias, donde se aplica un pseudo-color para observar cada clase de interés y su proporción dentro de la zona bajo análisis.

3. SISTEMA EXPERIMENTAL

El sistema usado para la toma, tratamiento y clasificación de las imágenes está conformado por: Un microscopio de polarización, una cámara CCD y un sistema de adquisición de imágenes (figura 2).



Figura 2. Sistema experimental utilizado.

Usando rutinas implementadas en el interpretador del Matlab®^[15], se tomaron con iluminación monocromática (filtro de 657.6 nm de longitud de onda), una serie de imágenes de la misma zona para una misma sección delgada de aproximadamente 30 micras de espesor; a diferentes ángulos entre polarizadores (ver figuras 3 a), b) y c)), con el fin de obtener una imagen que pueda ser analizada y que sea representativa de toda la escena bajo observación (figuras 3 d) y e)), de la cual obtenemos un

histograma (figura 3 f). En la imagen sintética final se observa el grado de contribución de cada clase de grano a la escena bajo observación.

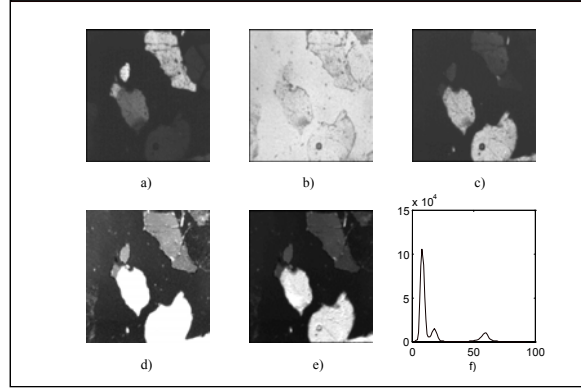


Figura 3. a) Imagen con polarizadores cruzados, b) Imagen con polarizadores paralelos, c) Imagen girada 45 grados con polarizadores paralelos, d) Imagen sintética, e) Imagen sintética mejorada, f) Histograma de e).

Las imágenes correspondientes a cada caso^[1,2]:

$$I_a = E^2 \{1 - \sin^2 2(\alpha) * \sin^2 \delta / 2\} \quad (3)$$

$$I_b = E^2 \{\sin^2 2(\alpha) * \sin^2 \delta / 2\} \quad (4)$$

$$I_c = E^2 \{\cos^2 2(\alpha) * \sin^2 \delta / 2\} \quad (5)$$

Con las cuales se obtiene la imagen final, que involucra el valor de la birrefringencia^[9] que diferencia los granos.

$$\sin^2 (\delta / 2) = \frac{I_b + I_c}{I_a + I_b} \quad (6)$$

Para el caso de la segmentación es posible convertir estos valores en niveles de gris, para visualizar mediante la imagen sintética, las diferentes zonas de interés como umbrales del histograma que permitan diferenciar unos granos de otros dentro de la muestra.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

La técnica implementada ha permitido segmentar la imagen en tres zonas según lo muestra el histograma de la figura 3-f), cada una de las cuales presenta características particulares como se puede observar en la figura 4.

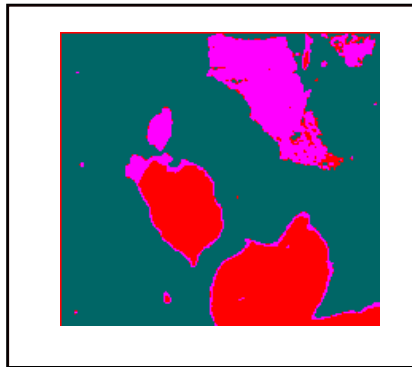


Figura 4. Imagen sintética final.

En esta muestra en particular se observa una imagen conformada por granos aislados y matriz, además de un grano de cuarzo policristalino, la línea de Becke y algunos vestigios de fracturas y pequeñas impurezas dentro de los granos de cuarzo denominadas inclusiones; características como son el perímetro, la elongación, los ejes mayor y menor, etc., los cuales están dados en términos de píxeles se encuentran en la tabla 1.

TABLA 1.

A) Granos tipo 1

Label	Per.	Xmin	Ymin	Xmax	Ymax	Xo	Yo	Comp	Incl	F.E.	Rug	Larg	Anch	Elong	Xcg	Ycg
1	521	110	197	229	359	133	197	140	1	1.69	2.16	478	1.09	438	171	271
5	822	214	283	454	454	341	283	273	1	1.43	2.44	838	0.98	855	335	398

B) Granos tipo 2

Label	Per.	Xmin	Ymin	Xmax	Ymax	Xo	Yo	Com p	Incl	F.E.	Rug	Larg	Anch	Elong	Xcg	Ycg
2	128	342	1	358	56	349	1	40.9	1	3.29	2.02	127	1.01	127	350	27.9
16	351	383	1	447	51	406	1	105	3	1.28	3.62	340	1.03	329	413	22.2
22	171	122	115	158	182	146	115	57.4	1	1.84	2.06	175	0.98	178	141	149
33	902	207	0	379	209	223	0	234	4	1.98	2.61	813	1.11	732	299	99.3
35	1151	90	186	231	363	147	186	301	10	1.72	4.18	1041	1.11	942	167	265
41	1150	212	276	454	454	345	276	386	2	1.36	3.45	1180	0.97	1211	327	370

C) Granos tipo 3

Label	Per.	Xmin	Ymin	Xmax	Ymax	Xo	Yo	Com p	Incl	F.E.	Rug	Larg	Anch	Elong	Xcg	Ycg
17	177	121	114	158	182	146	114	140	1	1.82	2.08	179	0.99	181	141	149
23	628	90	185	232	363	148	185	273	1	1.71	2.27	569	1.1	516	163	260
32	3397	0	0	454	454	1	0	1012	5	1.41	3.67	3285	1.03	3176	274	178

De acuerdo a la tabla 1, se muestran en A), B) y C) las principales características de los granos segmentados y mostrados en la figura 4. Es importante resaltar que estos parámetros corresponden a imágenes tomadas cerca al borde de la sección delgada donde se encuentran pocos granos.

5. CONCLUSIONES

Dos cristales que pertenecen a la misma clase mineral, o dos cristales de diferente clase, pueden conducir a medir índices de refracción diferente, lo cual impide obtener resultados confiables con una única observación mediante esta técnica^[16].

Con la técnica desarrollada, no solo se eliminan inconvenientes como las inclusiones minerales con lo cual se obtienen datos más precisos, sino que permite un mejor manejo de la información complementaria a los análisis visuales del experto.

El método implementado ha permitido detectar la presencia de microfracturas en las partículas minerales, los cuales pueden sufrir rellenos por otros minerales, y de algunos contactos intercrecidos (uniones originadas por presión y consecuente interpenetración de las partículas).

Estos aspectos encontrados pueden sugerir aplicaciones de la técnica implementada tanto en la geología como en otros campos.

6. REFERENCIAS

1. GUALDRÓN O. e IBAÑEZ L.E., "Caracterización y reconocimiento de imágenes microscópicas de muestras de areniscas", Proyecto de Grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 1989.
2. IBAÑEZ L.E., GUALDRÓN O. y TORRES Y., "Microscopía Asistida por Computador aplicada a la medición de porosidad en muestras de roca", Óptica Pura y Aplicada, Vol.26, p.703-718, 1993.
3. FRIEDMAN G., SANDERS J., Principles of Sedimentology. John Wiley & Sons, 1.978.
4. GONZALEZ F., Mineralogía Óptica, De. Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1.976.
5. ZOLTAI T. and STOUT J.H., Mineralogy Concepts and Principles, Macmillan Publishing Company, EE.UU., 1.984.
6. LLINAS R., Fundamentos de Cristalografía, Mineralogía y Petrografía, Mérida, Venezuela, 1.980.
7. BLOSS F.D., Introducción a los Métodos de Cristalografía Óptica, ediciones Omega S.A., tercera edición, Barcelona, 1.982.

8. TOU J.T., GONZALEZ R.C., Pattern Recognition Principles, Addison-Wesley, 1.974.
9. BORN M. and WOLF E., Principles of Optics, Pergamon Press, Sexta edición, 1987.
10. THERRIEN C., QUATIERI T., DUDGEON D., "Statistical Model-Based Algorithms for Image Analysis", IEEE Proceedings, vol. 74, No. 4, 1.986.
11. WONG P. Z. "The statistical physics of sedimentary rocks", Physics Today, Vol. 41 No. 12, 1.988.
12. FU K.S., Applications of Pattern Recognition, CRC Press INC., 1986.
13. KITTLER J., ILLINGWORTH J., "On threshold selection using clustering criteria", IEEE SMC, Vol. 15, No. 5, 1.985.
14. PAVLIDIS T., Algorithms For Graphics and Image Processing, Computer Science Press, Inc., 1.982.
15. MATLAB Versión 4.0 edición de estudiante, Prentice Hall, España, 1995.
16. BELEÑO L., "Reconocimiento y caracterización de granos en muestras microscópicas de areniscas", Tesis de Maestría, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 1999.