

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ATLAS DE ROCAS METAMÓRFICAS EN  
WEB**

**PAOLA ANDREA LANDAZABAL FUENTES**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA**

**2016**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ATLAS DE ROCAS METAMÓRFICAS EN  
WEB**

**PAOLA ANDREA LANDAZABAL FUENTES**

**Trabajo de grado modalidad investigación, para obtener el título de  
GEÓLOGA**

**DIRECTOR**

**CARLOS ALBERTO RIOS REYES**

**Geólogo Ph. D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA  
BUCARAMANGA**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por ser mi guía y fortaleza para alcanzar este logro.

Agradezco a mi madre adorada María Antonia Fuentes, mi padre y mi hermano querido por que son mi fortaleza e inspiración de superación, por creer en mí y empeñarse en que si podía lograrlo.

Agradezco a mis amigos Laura García, Andrea Ayala, Javier Cárdenas, Andrés Guarín, José Javier (jota) y Julieta Pineda quienes me acompañaron y me llenaron de grandes sonrisas durante este gran ciclo de aprendizaje.

Agradezco a Giovanni por creer en mí, por llenarme de fe por ser mi apoyo.

Agradezco a mi director de tesis por compartir parte de su conocimiento y experiencia para poder lograr esta meta propuesta.

Gracias a mi gran amor, espero que desde ese inmenso cielo azul te sientas muy orgullosa de mi, “lo logre Nonita”.

*PAOLA ANDREA LANDAZÁBAL FUENTES*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION .....	10
1. OBJETIVOS.....	12
1.1. OBJETIVO GENERAL .....	12
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1. JUSTIFICACION.....	13
3. ANTECEDENTES.....	14
4. METODOLOGIA .....	16
4.1. FASE DE RECOLECCIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	16
4.2. FASE DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE SECCIONES DELGADAS .....	16
4.3. FASE DE ANÁLISIS PETROGRÁFICO .....	17
4.4. FASE DE CAPTURA DE IMÁGENES DIGITALES .....	17
4.5. FASE DE PREPARACIÓN DEL CATÁLOGO FOTOGRÁFICO.....	18
4.6. FASE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ATLAS DE ROCAS METAMÓRFICAS .....	18
4.7. FASE DE IMPLEMENTACIÓN EN SITIO WEB .....	19
5. INFORME FINAL .....	20
6. CONCLUSIONES .....	21

7. RECOMENDACIONES.....22

BIBLIOGRAFÍA.....24

## RESUMEN

**TITULO** DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ATLAS DE ROCAS METARMORFICAS EN WEB\*  
**AUTOR** LANDAZABAL FUENTES Paola Andrea

**PALABRAS CLAVES** Petrografía, Minerales, Asociaciones paragenéticas, textura, facies, metamorfismo progrado y retrogrado.

### DESCRIPCION

La observación e identificación de minerales en sección delgada juega un papel muy importante en la formación académica de un geólogo, el determinar por medio de características petrográficas los diversos tipos de minerales que componen las rocas es una aptitud que tiene que desarrollar el estudiante de geología, por lo cual se debe valer de muchas herramientas pedagógicas útiles para entrenarse en este campo. Para el desarrollo de este trabajo se tuvieron en cuenta secciones delgadas pertenecientes a diversos coleccionistas. Después de un meticuloso proceso de selección se llevó a cabo la descripción petrográfica de un grupo de 49 secciones delgadas, teniendo en cuenta sus texturas y asociaciones paragenéticas. El desarrollo de una página web de petrología metamórfica como material pedagógico para las futuras generaciones de estudiantes de geología de la Escuela de Geología y de otras instituciones educativas hace parte del objetivo general de este trabajo, representando en el las principales características petrográficas de las muestras seleccionadas y mostrando las principales texturas y asociaciones paragenéticas, quedando un modelo visual que instruya a los estudiantes sobre la presentación de descripciones de secciones delgadas de petrología metamórfica, disponible en su computador y celular, El usuario que desee consultar la página lo hará de una manera gratuita desde cualquier computador o celular, solo necesitara tener acceso a internet.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ingeniería Físicoquímicas, Escuela de Geología. Director: Carlos Alberto Ríos Reyes

## ABSTRACT

**TITLE** DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN ATLAS OF METAMORPHIC ROCKS IN WEB\*

**AUTHOR** LANDAZABAL FUENTES Paola Andrea\*\*

**KEYWORDS** Petrography, Mineralogy, Mineral assemblages, texture, facies, prograde and retrograde metamorphism.

### DESCRIPTION

Observation and identification of minerals in thin section plays a very important role in the academic education of a geologist. The student of geology has to develop the skill to determine the petrographic characteristics of various types of minerals that make up the rocks, therefore, it must be worth many educational tools useful for training in this field. For the development of this work, thin sections from various collectors were taken into account. After a meticulous selection process, a petrographic description of a group of 49 thin sections was carried out, taking into account their textures and mineral assemblages. Developing a website metamorphic petrology as teaching material for future generations of geology students of the School of Geology of the Universidad Industrial de Santander and other educational institutions is part of the overall objective of this work, representing the main petrographic characteristics of selected samples and showing the main textures and mineral assemblages, leaving a visual model to instruct students about presenting short a concise descriptions of metamorphic rocks in thin sections, available on your computer and phone, the user who wants to consult the page will do it for free from any computer or cellphone, you just need to have access to the internet.

---

\* Degree work

\*\* \*Physicochemical Faculty of Engineering, School of Geology. Director: Carlos Alberto Ríos Reyes

## INTRODUCCION

El diseño y construcción de un atlas de Rocas Metamórficas en sección en Web contiene una serie de microfotografías cada una descritas a modo de laboratorio este atlas fue diseñado para asistir a estudiantes de pregrado de Geología de las diferentes universidades de nuestro país que inician estudios de petrología metamórfica bajo el microscopio, y representa una importante fuente de consulta para comparar y establecer diferencias entre los rasgos texturales y paragénesis de una roca metamórfica observados bajo el microscopio y aquellos ilustrados a través de la microfotografía del mismo tipo de roca o con características similares. Las descripciones son breves y concisas, aunque contienen información suficiente fundamentada en una bibliografía rigurosa, de manera que ayude no solo a distinguir una fase mineral a partir de las propiedades ópticas de diagnóstico, sino también a la interpretación, apoyándonos en un texto siempre útil para ampliar nuestros conocimientos, de rasgos texturales y paragénesis de las rocas metamórficas, aspectos fundamentales .

Este material didáctico ilustra a través de microfotografías la apariencia de los tipos de rocas metamórficas más comunes en sección delgada observadas bajo el microscopio de luz transmitida, amplía la temática desarrollada durante la exposición en el aula de clase, y puede utilizarse como material de consulta junto con otros textos guías acerca de petrología metamórfica.

El presente libro contiene ilustraciones de minerales metamórficos, paragénesis minerales, texturas, facie, zonas, tipo de metamorfismo (contacto, dinámico y regional). Cada una de las ilustraciones ha sido organizada de manera que sea posible mostrar las asociaciones minerales, texturas, paragénesis, tipos de metamorfismo y los tipos de rocas metamórficas.

El libro contiene 154 ilustraciones a color, cada una de las cuales contiene la información correspondiente al tipo de roca, su procedencia, donde esta sea conocida, así como el aumento utilizado, y están igualmente acompañadas de una breve descripción.

Las microfotografías fueron tomadas en el Laboratorio de la escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, sede principal (Bucaramanga, Santander), y descritas utilizando un microscopio binocular de luz transmitida marca NIKON, modelo eclipse 50i POL, el cual está provisto de un sistema microfotográfico DS-Fi2 marca NIKON.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño y construcción de un Atlas de Rocas Metamórficas Virtual.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el estado de conservación de la colección de secciones delgadas de rocas metamórficas presentes pertenecientes a diferentes investigadores.
- Realizar el análisis petrográfico de la colección, considerando los rasgos texturales y microestructurales, así como paragénesis mineral, de las rocas metamórficas para la definición de litotipos.
- Llevar a cabo la captura imágenes digitales (fotomicrografías) en sitios de interés de las rocas metamórficas analizadas.
- Preparar un catálogo fotográfico que refleje las características de diagnóstico para la identificación de rocas metamórficas.
- Diseñar y construir el Atlas de Rocas Metamórficas, con base en los rasgos petrográficos observables en las fotomicrografías obtenidas.
- Implementar en sitio web el Atlas de Rocas Metamórficas.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El estudio de las rocas metamórficas ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, los recientes avances en el conocimiento de los procesos termodinámicos y los estudios petrológicos han permitido conocer más a fondo las relaciones de equilibrio de estas rocas. Actualmente, el programa de Geología de la Universidad Industrial de Santander cuenta con muy poco material didáctico que facilite al estudiante el análisis petrográfico de rocas metamórficas. Por tal razón, este trabajo surge como iniciativa del Grupo de Investigación en Geología Básica y Aplicada (GIGBA) en la contribución del proceso de innovación y mejoramiento de la calidad docente que adelanta la Escuela de Geología como parte de su proceso de reforma curricular.

### **2.1. JUSTIFICACION**

El estudio petrográfico de rocas metamórficas aporta conocimiento acerca de sus paragénesis minerales, así como de sus rasgos texturales y microestructurales, lo cual es de interés particular para la industria de Yacimientos Minerales. Adicionalmente, un Atlas de esta naturaleza representa una herramienta pedagógica para la enseñanza-aprendizaje de rocas metamórficas procedentes de diferentes complejos metamórficos y para el fortalecimiento de las asignaturas Petrología Metamórfica y cartografía de complejos metamórficos de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander.

### 3. ANTECEDENTES

El uso de la fotografía nos llevó a explorar la captura de imágenes en un microscopio. Y como resultado se obtuvo una microfotografía la cual es el producto de un conjunto de técnicas fotográficas que permiten obtener esas imágenes con una ampliación mínima de diez veces. La fotomicrografía se utiliza desde el siglo XIX para la investigación biológica, entre los pioneros en su uso se encuentra Roman Vishniacy hasta finales del siglo XX era habitual acoplar cámaras SLR al microscopio óptico para obtener las micrografías, sin embargo estas técnicas eran laboriosas, y con el pasar del tiempo nació la necesidad o deseo de los petrógrafos de registrar las imágenes vistas a través del microscopio; algunos catálogos de grandes colecciones son puestos a la venta caso tal como el de WARD'S geology que ofrece material didáctico que ilustra minerales formadores de rocas más comunes, así como la mineralogía, los rasgos texturales y estructurales de las rocas, observados bajo el microscopio petrográfico. En 1980 MacKenzie and Guilford reprodujeron una serie de ilustraciones a color de alta calidad la apariencia de los minerales bajo el microscopio petrográfico tanto en luz plana no analizada como en luz polarizada analizada, lo cual es una herramienta de gran importancia en el momento de enseñar. Otros trabajos, los cuales forman parte de una serie de atlas fotográficos de minerales y rocas en sección delgada, son los publicados por Adams et al. (1980), MacKenzie et al. (1997) y Yardley et al. (1990). Este último trabajo ha sido de gran importancia y utilidad para los estudiantes de petrología metamórfica, el cual suministra al estudiante una guía importante para familiarizarse con las asociaciones minerales y texturas más comunes que pueden encontrarse en las rocas metamórficas, y para deducir los procesos geológicos que han ocurrido en nuestro planeta, de lo cual las rocas son el mejor testigo de estos procesos. Otros trabajos similares, los cuales forman parte de una serie de fotografías de

minerales y rocas de sección delgada, son los elaborado por Adams et al. (1980). "Atlas of sedimentary rocks under the microscope", y Mackenzie et al. (1997), "Atlas of igneous rocks and their textures". Un trabajo igualmente importante a los descritos con anterioridad es el realizado por MacKenzie and Adams (1997), el cual también corresponde a un atlas fotográfico que ilustra en color la ocurrencia de rocas y minerales en sección delgada, de gran ayuda en el desarrollo de la práctica de laboratorio de petrografía y mineralogía óptica. Melgarejo et al. (1997) presentan imágenes descriptivas, acompañadas de microfotografías, de minerales importantes con base en su interés petrográfico. Trouw, Passchier and Wierna (2010) presenta una serie de imágenes de rocas miloníticas acompañadas de una serie de descripciones.

## **4. METODOLOGIA**

Para satisfacer cada objetivo propuesto en el presente proyecto de grado, fue necesario llevar a cabo una metodología orientada, planteando las siguientes fases.

### **4.1. FASE DE RECOLECCIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se realizó la recolección de diferentes archivos bibliográficos tales como atlas de minerales y rocas vistos bajo el microscopio petrográfico, libros, búsquedas en línea (internet), etc. que me permitieron identificar rocas metamórficas en sección delgada y tener una visión del diseño y construcción del atlas en web.

### **4.2. FASE DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE SECCIONES DELGADAS**

Durante esta fase se llevó a cabo la evaluación del estado de conservación de las secciones delgadas a manera de curación a fin de establecer su calidad en la preparación, grado de deterioro, rotulado, procedencia, entre otros aspectos. A partir de aquí, se realizó una selección del material con el que se llevó a cabo el análisis petrográfico.

Se recopilaron todas las secciones delgadas de rocas metamórficas pertenecientes a diferentes coleccionistas.

Posterior a esto se organizaron las muestras teniendo en cuenta minerales presentes, alteraciones, estado de conservación de las muestras y observaciones generales.

### **4.3. FASE DE ANÁLISIS PETROGRÁFICO**

En esta fase se realizó el estudio petrográfico mediante microscopía de luz transmitida de 49 ejemplares previamente seleccionados teniendo en cuenta su composición mineralógica, su asociación mineral, y su grado de conservación, destacando sus rasgos mineralógicos, texturales y microtexturales.

### **4.4. FASE DE CAPTURA DE IMÁGENES DIGITALES**

En esta fase se realizó la toma de imágenes digitales (fotomicrografías) cabo en un microscopio binocular de luz transmitida y un triocular de marca Nikon, modelo eclipse 50i POL, el cual está provisto de un sistema microfotográfico DS-Fi2 marca NIKON del laboratorio de la Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander. En puntos de interés de las rocas metamórficas analizadas, lo cual se realizó a diferentes aumentos intercambiando los objetivos, principalmente 4x, 5x y 10x, según el grado de detalle requerido.

Se tomaron entre dos a ocho fotos por cada muestra donde se seleccionaron los mejores ejemplares donde se destacaban su mineralogía, clase de roca, alteraciones y texturas.

#### **4.5. FASE DE PREPARACIÓN DEL CATÁLOGO FOTOGRÁFICO**

Durante esta fase se preparó un catálogo fotográfico 154 fotografías de 49 muestras previamente seleccionadas, Algunas muestras fue necesario arreglarles para quitar imperfecciones, sin embargo este arreglo fotográfico no afecto las características de los minerales, en cada fotografía se destacaron no solo los rasgos texturales y microestructurales y composición mineralógica de las rocas metamórficas analizadas, sino también las características de diagnóstico para su identificación.

#### **4.6. FASE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ATLAS DE ROCAS METAMÓRFICAS**

En esta fase se realizó el diseño y construcción de un atlas de rocas metamórficas en web teniendo en cuenta las 49 muestras seleccionadas y las 154 fotografías previamente editadas. Dichas muestras se encuentran descritas; según el contenido de minerales mayores, secundarios y menores. Nombre de la roca, textura, contactos netos, contactos de alteración si los contiene, facies metamórficas, zona metamórfica y tipo de metamorfismo.

En el diseño del atlas se tiene en cuenta al lector por ello se utilizaron colores verdes que no solo armoniza las paginas si no también influyen en la vista del lector siendo el verde un color refrescante.

Las fotografías contienen un tamaño de 8 cm por 10,67 cm el tamaño ideal para que se pueda apreciar la figura y se pueda colocar la descripción en la misma página.

Cada figura contiene la ubicación de la muestra, la escala y el objetivo con el cual fue fotografiado.

#### **4.7. FASE DE IMPLEMENTACIÓN EN SITIO WEB**

Mediante esta fase se implementó una página web que contribuye al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Petrología Metamórfica, haciendo énfasis en los rasgos de diagnóstico relevantes no solo para el estudio petrográfico de rocas metamórficas sino también para interpretar su génesis.

La implementación del sitio y el diseño de este, fue necesario tener en cuenta cada uno de los estudiantes de geología, Esta plataforma se diseñó para que sea este, el que desde su celular, su computador y/o material pdf tenga acceso a este atlas de rocas metamórficas.

Se buscó que la página se elaborara en una plataforma gratuita y a su vez se diseñó de una manera dinámica, agradable, organizada y de fácil acceso.

## **5. INFORME FINAL**

El desarrollo se realizó en una plataforma gratuita Wix, donde el usuario deberá registrarse para consultar la información, la inscripción no tendrá costo, este trabajo puede ser consultado desde su celular, computador y/o puede ser descargado.

El estudiante deberá tener acceso a internet para poder consultar este atlas, sin embargo pensando en cada uno de los estudiantes este atlas podrá ser descargado gratuitamente directamente de la página

El link para acceder a la página: <http://petrologiametamorfi.wixsite.com/atlas-asociaciones> (Ver Anexo)

## 6. CONCLUSIONES

Al realizar el inventario de las láminas delgadas de la colección perteneciente a cada uno de los coleccionistas se encontró que:

La totalidad de las muestras están referenciadas con código, sin embargo no todas se encuentran referenciadas a un área geográfica ni aun complejo metamórfico.

La mayoría de las rocas contenidas en las colecciones pertenecen a rocas de metamorfismo regional (en su gran mayoría neises y esquistos) y de menor contenido Skarns

Se encontró que algunas de las muestras presentan un color azul característico de pruebas de laboratorio para determinar porosidad en secciones delgadas.

Algunas secciones se encuentran en mal estado de conservación, debido a la mala manipulación de estas secciones.

Aunque algunas secciones delgadas contienen burbujas debido a la resina que se usó en la elaboración de estas, no fue un factor relevante que impidiera u obstruyera ver las características de los minerales contenidos en las muestras.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

Que el material recolectado posea una referencia de ubicación y este acompañado del complejo metamórfico al cual pertenece.

Implementar plataformas interactivas para el registro y consulta de muestras metamórficas de los laboratorios de Geología.

Que para las clases de Petrología Metamórfica de la Escuela de Geología se tenga en cuenta este tipo de trabajos, para que de esta forma el estudiante pueda reconocer minerales y características de las diversas rocas Metamórficas de una forma didáctica.

Que se amplíe las colecciones de rocas metamórficas pertenecientes al Macizo de Santander, Colombia.

Es importante que este tipo de trabajos no solo se haga para diversos coleccionistas sino también para la Escuela de Geología, esto con el fin de tener una base de datos de la calidad del material de clase y poder determinar el estado de la colección.

Es importante que se adquiriera un objetivo de 2X ya que esto facilitaría la observación de minerales que ocupan una gran porción de área en la sección delgada esta recomendación nació al observar minerales tales como el granate que ya que el objetivo de 5X no permitió la observación de este.

Es importante incursionar al mundo tecnológico que pueda facilitar el aprendizaje de las nuevas generaciones para esto se recomienda tener en cuenta los TICs llevarlos a cabo en cada una de las materias del plan de estudios de la Escuela de Geología.

## BIBLIOGRAFÍA

BEST, M. Igneous and Metamorphic petrology, Freeman and Co, San Francisco, 1982.

CASTRO DORADO, A. Petrología Básica: Texturas, Clasificación y Nomenclatura de Rocas. Paraninfo, 1989.

DUNANN WINTER John. Dunam Igneous and metamorphic petrology class materials {en línea}. {Consultado agosto 2016}. Disponible en: <http://www.whitman.edu/geology/winter>.

EARTH. .Atlas of the metamorphic minerals {en línea}. {Consultado Junio 2016}. Disponible en: <http://www.earth.ox.ac.uk/~oesis/atlas/metmis>.

GOMEZ, J. Apuntes de la asignatura Petrología endógena II. Universidad de Zaragoza, 2006.

GOMEZ. Javier; Metamorfismo, Apuntes de la asignatura petrología endógena II (modulo I); Licenciatura de Geología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, 2006.

GRADES. R and BUCHER. K. Petrogenesis of Metamorphic Rocks; springer, 2011.

KORNPROBST, J. Manual de petrología metamórfica y su contexto geodinámico, Masson. Barcelona, 1996.

MACKENZIE. W y GUILFORD. C; Atlas de Petrología Mineral formadores de rocas en lámina en lámina delgada, traducido por M. Lago y E. Arranz; Masson, 1996.

MELGAREJO, Joan Carles, PROENZA, Joaquín, GALI, Salvador, LLOVET Xavier. Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol 62, num 1, 2010.

MELGAREJO. Joan-Carles. Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada. Barcelona: Ediciones Universidad de Barcelona, 1997. 1076p.

PETROLOGIA METAMORFICA UNAN 2005 [en línea]. [Consultado Julio 2016]. Disponible en: <http://metamorfica.jimdo.com/>

PIRARD, Eric. Análisis Mineralógico Cuantitativo. Geomac. Université de Liège,

RAITH, Michael. RAASE, Peter y REINHARDT, Jurgen. Petrología Básica: Guía para la microscopía de minerales en lámina delgada. Traducido por: Pedro Oyhtançal.

RIOS. C. y CASTELLANOS. M “Atlas de Minerales vistos bajo el microscopio de luz transmitida”. Ediciones Uis. Colombia, 2005.

SAMANO. T. y NAVARRO. S “Atlas digital de minerales en sección delgada” ver en  
([gaia.geologia.uson.mx/academicos/samano/atlas\\_digital\\_de\\_minerales\\_en\\_seccion\\_delgada.pdf](http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/samano/atlas_digital_de_minerales_en_seccion_delgada.pdf)).

SEN, Gautam. Metamorphism and Metamorphic Rocks. En Petrology: Principles and Practice. Berlin: Springer-Verlag, 2014. p. 311-323

SOTO GODOY, Mario. Texto universitario de petrología. Universidad Nacional del Altiplano-Puno, 2005.

SUN Yan, LU XianCai, ZHANG XiHui, LIU Hao and LIN AiMing. Nano-texture of penetrative foliation in metamorphic rocks. Publications, 2003, 247 p.

WHITNEY and Evans: Mineral Abbreviations, 186-187 p

WINTER, J. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. 2 ed. Harlow: Pearson, 2014.

YARDLEY. B; MACKENZIE. W y GUILFORD. C; Atlas de Rocas Metamórficas y sus texturas; Masson, 1997. .