

Organización y gestión de la colección de Geología General

David Andrés García Capacho y Angélica Jaimes Sepúlveda

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

Angelica Álvarez Naranjo

Geóloga PhD en Geología Estructural y Tectónica

Codirector

Kelly Patricia Sandoval Rincón

Geóloga MSc en Planificación y Gestión de riesgos naturales

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías fisicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2022

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	14
1. Objetivos.....	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Justificación	16
3. Antecedentes	17
4. Metodología	20
4.1. Revisión bibliográfica y de material geológico en laboratorios y litoteca.....	21
4.1.1 Revisión de antecedentes	21
4.1.2 Establecimiento del alcance de la colección.....	22
4.1.3 Establecimiento de parámetros de selección y clasificación de muestras	22
4.1.3.1 Categoría #1 – Minerales	23
4.1.3.2 Categoría #2- Fósiles.	23
4.1.3.3 Categoría #3-Rocas sedimentarias.....	23
4.1.3.4 Categoría #4- Estructuras sedimentarias.....	24
4.1.3.5 Categoría #5- Rocas ígneas.....	24
4.1.3.6 Categoría #6- Rocas metamórficas.	25
4.2. Selección y depuración de muestras de la colección general	25
4.2.1 Etapa de preselección de muestras.....	25
4.2.2 Selección de muestras de mano a partir de su representatividad	26
4.2.2.1. Limpieza.	26

4.2.2.2 Revisión y selección.	27
4.3 Descripción y organización de las muestras de mano.	27
4.3.1. Descripción	27
4.3.2. Organización de la colección	29
4.3.2.1 Catalogación y documentación de muestras.	29
4.3.2.2 Almacenamiento.	30
4.4 Toma de fotografías en 2D y en 3D para fotogrametría de muestras de mano	31
4.5 Preparación del catálogo físico y digital de la colección	32
4.6 Elaboración de guías y protocolos para la gestión de muestras de la colección	33
5. Productos.....	33
5.1 Catálogo de muestras de la colección general en formato digital e impreso	34
5.2 Manual de gestión de la colección en geología general.....	35
5.2.1 Categoría 1- Minerales.....	36
5.2.1.1 Formula química.	36
5.2.1.2 Clase mineral.	36
5.2.1.3 Sistema cristalino.....	36
5.2.1.4 Hábitos y agregados cristalinos.	37
5.2.1.5 Exfoliación.....	38
5.2.1.6 Fractura.	38
5.2.1.7 Dureza.....	39
5.2.1.8 Color.	40
5.2.1.9 Raya.	40
5.2.1.10 Brillo.	40

5.2.1.11 Rocas asociadas.	41
5.2.2 Categoría 2- Fósiles	41
5.2.2.1 Vertebrados.....	41
5.2.2.2 Invertebrados.....	41
5.2.2.3 Vegetales.....	41
5.2.2.4 Estructuras.....	41
5.2.2.5. Molde.....	42
5.2.2.6 Impresión.....	42
5.2.2.7 Resina.....	42
5.2.3. Categoría 3- Rocas sedimentarias.....	42
5.2.3.1 Rocas sedimentarias clásticas (Terrígenas).	42
5.2.3.1.1 Textura.....	42
5.2.3.1.2 Tamaño de partículas.....	42
5.2.3.1.3 Esfericidad.....	43
5.2.3.1.4 Redondez.....	44
5.2.3.1.5 Calibrado.....	45
5.2.3.1.6 Empaquetamiento.....	46
5.2.3.1.7 Armazón.....	46
5.2.3.1.8 Matriz.....	47
5.2.3.1.9 Cemento.....	47
5.2.3.1.10 Porosidad.....	48
5.2.3.1.11 Madurez textural.....	48
5.2.3.1.12 Ambiente de formación.....	49

5.2.3.2. Rocas sedimentarias químicas.	49
5.2.3.2.1 Aloquímicos.....	50
5.2.3.2.2 Matriz.....	50
5.2.3.2.3 Cemento.....	50
5.2.3.2.4 Tipos de Caliza.....	50
5.2.3.2.5. Ambiente de formación.....	51
5.2.4. Categoría 4- Estructuras sedimentarias.....	52
5.2.4.1. Estructuras según su génesis.....	52
5.2.4.2. Estructuras según el tiempo de formación.....	53
5.2.4.3. Estructuras según su ubicación en el estrato.....	53
5.2.4.4. Estructuras según las paleo corrientes.....	54
5.2.4.5. Roca huésped.....	54
5.2.4.6. Ambiente de formación.....	54
5.2.5. Categoría 5- Rocas ígneas.....	55
5.2.5.1. Tipo de roca.....	55
5.2.5.2. Clasificación composicional.....	55
5.2.5.3. Composición mineral.....	56
5.2.5.4. Índice de color.....	58
5.2.5.5. Texturas de cristalinidad.....	59
5.2.5.6. Tamaño de grano.....	59
5.2.5.7. Texturas a partir del tamaño de los cristales.....	59
5.2.5.8. Forma de los granos.....	61
5.2.5.9. Texturas a partir de la forma de los granos.....	62

5.2.5.10. Ambiente asociado.....	62
5.2.6. Categoría 6- Rocas metamórficas.....	63
5.2.6.1. Textura.....	64
5.2.6.1.1. Textura granoblástica.....	64
5.2.6.1.2. Textura lepidoblástica.....	64
5.2.6.1.3. Textura nematoblástica.....	64
5.2.6.1.4. Textura porfidoblástica.....	64
5.2.6.1.5. Textura cataclástica.....	64
5.2.6.2. Composición mineral.....	65
5.2.6.3. Protolito.....	66
5.2.6.5. Grado de metamorfismo.....	68
5.2.6.6. Paragénesis mineral.....	69
5.3. Consideraciones generales.....	69
5.4. Prestamos.....	70
5.5. Almacenamiento y limpieza.....	72
5.6. Manipulación de muestras de mano.....	73
5.7. Categorías de cuidados especiales.....	74
5.8. Metodología de las prácticas de descripción.....	76
5.9. Fotografías 2D y programa de fotogrametría 3D.....	78
5.9.1. Catálogo de fotos 2D.....	78
5.9.1.1. Montaje de instrumentos para la sesión.....	78
5.9.1.2. Toma de fotografías 2D.....	78
5.9.1.3. Edición y retoque digital.....	79

5.9.1.4. Fotogrametría en 3D.	79
5.9.1.5. Toma de fotografías 3D.	79
5.9.1.6. Creación de modelos 3D.	80
6. Protocolo de selección e ingreso de nuevo material a la colección general	83
6.1. Representatividad.....	83
6.2. Estado de conservación.....	83
6.3 Exclusividad.....	83
6.4. Variedad.....	84
6.5 Suministros	84
6.6. Almacenamiento	84
7. Conclusiones.....	85
8. Recomendaciones	85
Referencias Bibliográficas	87

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama metodología proyecto	20
Figura 2 Prácticas de laboratorio para la descripción de muestras	28
Figura 3 Catalogación y documentación de muestras.....	30
Figura 4 Almacenamiento de muestras de la colección.....	31
Figura 5 Montaje para la toma de fotografías	32
Figura 6 Sistemas cristalinos de minerales	37
Figura 7 Hábitos y agregados cristalinos	38
Figura 8 Tipos de exfoliación en minerales	38
Figura 9 Tipos de fracturas más presentes en los minerales.....	39
Figura 10 Escala de Mohs	40
Figura 11 Imagen comparativa de tamaño de grano	43
Figura 12 Forma de las partículas con base en el concepto de esfericidad	44
Figura 13 Términos de grado de redondeamiento y esfericidad según Powers 1953.....	45
Figura 14 Imágenes de calibrado de partículas por Pettijhon	45
Figura 15 Tipos de empaquetamiento de partículas clásticas.....	46
Figura 16 Tipos de fábrica presente en los sedimentos y en las rocas sedimentaria	46
Figura 17 Tipos de matriz presente en los sedimentos y las cosas sedimentarias	47
Figura 18 Tipos de cemento en las rocas sedimentarias	48
Figura 19 Madurez textural de los sedimentos basado en el calibrado.....	49
Figura 20 Clasificación de rocas calcáreas aloquímicas.....	51
Figura 21 Clasificación de carbonatos según Folk,1974	51
Figura 22 Estructuras según su génesis	52

Figura 23 Descripción estructuras internas según Campbell 1967	53
Figura 24 Términos descriptivos para estructuras sedimentarias	54
Figura 25 Rocas extrusivas o volcánicas según Le Bas y Streckeisen (1991).....	56
Figura 26 Rocas intrusivas o plutónicas según Le Bas y Streckeisen (1991).....	57
Figura 27 Clasificación de rocas ultramáficas según Streckeisen (1991).....	57
Figura 28 Rocas ígneas en las que se describe la textura y el tipo de roca.....	58
Figura 29 Texturas más comunes en las rocas ígneas.....	60
Figura 30 Forma de los cristales en las rocas ígneas	61
Figura 31 Clasificación composicional y textural de rocas ígneas	63
Figura 32 Principales texturas metamórficas	64
Figura 33 Clasificación de las rocas metamórficas.....	67
Figura 34 Facies metamórficas	69
Figura 35 Diagrama de fases para las prácticas de descripción.....	76
Figura 36 Modelo 3D en el programa Agisoft Metashape	80
Figura 37 Malla de puntos a partir de la alineación de caras.....	81
Figura 38 Nube densa de puntos a partir del comando "Build dense cloud".....	81
Figura 39 Interconexión de puntos a partir de una malla.....	82
Figura 40 Modelo con textura realista	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de autores y recursos bibliográficos para la elaboración del catálogo..... 28

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE A. Proceso de generación de modelos por fotogrametría 3D

APÉNDICE B. Manual de gestión de la colección de geología general

APÉNDICE C. Formato de préstamo

APÉNDICE D. Formato de inventario

APÉNDICE E. Catálogo colección geología general

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

Resumen

Título: Organización y gestión de la colección de Geología General *

Autor: David Andrés García Capacho, Angelica Jaimes Sepúlveda **

Palabras Clave: Material geológico, Colección, Litoteca, Catálogo, Manual de prácticas, Fotogrametría.

Descripción:

Este documento abarca el proyecto de organización y gestión de la colección de Geología General, diseñado como parte de la iniciativa de aprovechamiento de material geológico de la litoteca de la Escuela de Geología de la Universidad industrial de Santander, para uso de la academia.

Este proceso se lleva a cabo a partir de la selección y descripción de muestras macroscópicas (de mano), por medio del establecimiento de parámetros de clasificación enfocados en resaltar las características principales de las rocas, minerales, estructuras y fósiles que comprenden el ciclo de las rocas y que reflejan de manera general los procesos geológicos que afectan al planeta.

Una vez sean descritas las muestras en el catálogo de la colección, se procede a desarrollar un manual de buenas prácticas, involucrando procesos de almacenamiento, uso y cuidado adecuado del material geológico para su conservación en el tiempo. Simultáneamente, se realiza el establecimiento del protocolo para el ingreso de material geológico a la colección, basado en la necesidad de los estudiantes de primer semestre en términos de conocimiento en geología.

Por último, se desarrolla un proyecto piloto de conservación y aprovechamiento de material geológico incorporada a la tecnología digital, por medio de la generación de modelos 3D para fotogrametría de rocas.

* Trabajo de Grado

** Universidad Industrial de Santander, facultad de ingenierías fisicoquímicas, escuela de geología. directora Angelica Álvarez Naranjo, codirector Kelly Patricia Sandoval Rincón

Abstract

Title: Organization and management of the General Geology collection *

Authors: David Andrés García Capacho, Angelica Jaimes Sepúlveda **

Keywords: Geological material, Collection, Lithoteca, Catalogue, Manual of practices, Photogrammetry.**

Description:

This document covers the project of organization and management of the General Geology collection, designed as part of the initiative to take advantage of the geological material from the lithoteca owned by the School of Geology of the Industrial University of Santander, to be used for academic purposes.

This process is conducted from the selection and description of macroscopic (hand) samples, through the establishment of classification parameters focused on highlighting the main characteristics of the rocks, minerals, structures, and fossils that comprise the rock cycle and that reflect the general geological processes that affect the planet.

Once the samples are described in the collection catalogue, a manual of good practices is designed, involving processes for storage, use and adequate care of the geological material for its conservation over time. Simultaneously, the protocol for the entry of geological material to the collection is conducted, based on the need in terms of knowledge in geology of the first semester students in this major.

Finally, a pilot project is developed for the conservation and use of geological material incorporated into digital technology, through the generation of 3D models for rock photogrammetry.

*Bachelor thesis

**Universidad Industrial de Santander, Faculty of Physicochemical Engineering. School of Geology. Directed by Angelica Álvarez Naranjo. Co-Directed by Kelly Patricia Sandoval Rincon.

Introducción

La universidad Industrial de Santander cuenta con un espacio para la conservación de material geológico catalogado como la litoteca de la escuela de Geología. Durante años, se han almacenado muestras resultantes de diferentes proyectos de investigación, salidas de campo y registro de pozos. Al no tener unos protocolos de clasificación de la información, se desconoce el contenido de la mayoría del material que se encuentra ahí albergado.

Todo material geológico ostenta valor para el patrimonio de una nación, principalmente por ser una fuente de información tanto de los procesos que afectan la superficie y el subsuelo del territorio, como también de los materiales que lo componen. Es por ende que el material geológico se considera como la materialización del conjunto resultante de estos procesos, los cuales, para una ciencia aplicable como la geología, sirven para reconstruir la evolución geológica a lo largo del tiempo.

En el caso de la Escuela de Geología, se busca recuperar estos recursos para el aprovechamiento de la academia, organizando estas muestras. Parte del proceso de organización radica en desarrollar un material guía, donde se documente la información recopilada tras la clasificación de las muestras y el desarrollo de protocolos, dando como propuesta un catálogo de muestras de mano y un manual de buenas prácticas, los cuales permitirán darle un uso a las muestras de la colección, como material complementario para el entendimiento de conocimientos técnicos y teóricos impartidos en las aulas de clase.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Organizar y gestionar una colección enfocada en geología general identificando los tipos de roca más representativos del ciclo geológico incluyendo: rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias y minerales formadores de roca a partir de la descripción y clasificación de muestras de mano en términos texturales y composicionales, por medio de la elaboración de un material que sea aplicable a las materias introductorias de la carrera de geología.

1.2 Objetivos Específicos

Emplear la colección general como material académico y didáctico para la comunidad de estudiantes y profesores de la Escuela de Geología.

Definir la metodología y parámetros para el ingreso de material geológico tanto a las colecciones como a la base de datos.

Adaptar el protocolo de gestión de muestras en la colección general tomando como base los modelos internacionales y locales.

Digitalizar en la plataforma Sketch Fab a partir de modelado 3D, las muestras más representativas de la colección general.

2. Justificación

En la búsqueda de la mejora integral de los procesos de organización del material geológico presente en la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, y en aras de optimizar los procesos de enseñanza dispuestos para la comunidad estudiantil, surge la necesidad de consolidar una colección de geología general cuyo diseño y gestión esté enfocado tanto en el desarrollo de prácticas pedagógicas introductorias, que complementen y fortalezcan el aprendizaje de los estudiantes; como en la conformación de una herramienta digital a modo de catálogo, la cual pueda ser consultada por quienes apenas incursionan en el campo de las geociencias.

Esta colección otorgará a los estudiantes de primeros semestres la capacidad de identificar y describir los diferentes tipos de roca que componen el ciclo geológico, además de minerales formadores de roca, estructuras sedimentarias y fósiles representativos, correlacionando a su vez la información teórica brindada en las aulas; para así desarrollar un entendimiento integral. Para asegurar dicho entendimiento, la colección será utilizada en prácticas interactivas, por medio de análisis macroscópicos de las muestras más representativas de los procesos geológicos que afectan al planeta y que representan los tipos de rocas que podrían encontrar en sus ejercicios de campo a lo largo de su carrera.

Actualmente, la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander cuenta con una Litoteca designada en el sótano de la Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, siendo un espacio disponible para el almacenamiento de material geológico con potencial académico e investigativo. Sin embargo, esta área no cuenta con mecanismos de control, al no poseer un sistema de gestión de la información, carente de protocolos y manejos adecuados acorde a las necesidades de los usuarios de la Litoteca.

Para poder crear este sistema de información, es necesario definir unos parámetros básicos para describir materiales geológicos que se encuentren en la Litoteca y los que ingresen a futuro y con esta información crear una base de datos por medio de la cual se empezará a diseñar el sistema de información. (Vargas, 2014, p.15).

Con la intención de que este material perdure en el tiempo, esta pasantía de investigación busca además proponer un sistema de organización de la colección, tanto para el almacenamiento y cuidado de las muestras en geología general, como también para la estandarización de los protocolos de ingreso de nuevo material geológico a la Litoteca.

3. Antecedentes

Desde hace varios años los estudiantes y los profesores de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander (UIS) han venido recolectando diversas muestras de rocas las cuales se encuentra almacenadas en la Litoteca de la escuela y no han sido clasificadas ni organizadas. Debido a esto, surge la necesidad de crear una base de datos mediante la creación de colecciones que facilite el acceso a la información de dichas muestras y pueda ser difundida de manera apropiada entre la comunidad científica y el público en general.

Países como España, Portugal, Cuba o Brasil cuentan con grandes Litotecas las cuales están conformadas por información importante obtenida en proyectos geológicos como testigos de sondeo, recolección de muestras en campo, entre otros (Goyzueta, y Juli, 2016). En Colombia, se encuentra la Litoteca Nacional, proyecto que fue impulsado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en él se encuentra una de las más grandes colecciones con las que cuenta el país, está constituida por testigos de perforación de pozos de varios proyectos de exploración

desarrollados a lo largo del tiempo, la Litoteca Nacional permite la investigación y proporciona la información para desarrollar planes de investigación y aprendizaje a la comunidad científica y general. (Agencia Nacional de Hidrocarburos [ANH], 2022).

Otro trabajo de organización de una Litoteca que se ha venido realizando en el país es el de la Litoteca de la Universidad de Pamplona, la cual está enfocada en administrar y preservar las colecciones de muestras de roca de la región, abriendo un espacio académico investigativo de proyección e impacto social, esta Litoteca cuenta con colecciones de roca, minerales y fósiles lo que permite brindar un apoyo científico tanto para estudiantes, docentes e investigadores. (Gélves, 2021)

En el caso de Santander, está la Universidad Industrial de Santander en la que se han realizado algunos trabajos previos dentro de la Escuela de Geología, mediante los que se han desarrollado estrategias para la organización de material geológico que está almacenado en la Litoteca, con el fin de administrar y preservar el material para que pueda ser usado en procesos de aprendizaje.

Uno de ellos es el trabajo: Definición de parámetros para la descripción de materiales geológicos para el diseño de una base de datos de la Litoteca de la Escuela de Geología de Vargas (2014). El cual realizó una definición de parámetros para describir materiales geológicos, con el objetivo de crear un sistema de información que permita estandarizar y ordenar las muestras que se encuentran en la Litoteca y las que ingresaran a futuro, estos parámetros se definieron de acuerdo con el tipo de material y con esto mismo se desarrollaron los filtros de búsqueda, a la vez que se estableció un protocolo para el ingreso de nuevas muestras.

Mediante el trabajo: Implementación formal de un modelo sistemático, acondicionamiento de la infraestructura, gestión y organización del material geológico depositado en la Litoteca de la

escuela de geología de la Universidad Industrial de Santander. pasantía en el grupo de investigación GIGBA por Ardila y Vargas (2014). Se realiza una propuesta base fundamental para la conservación y el mantenimiento del material geológico en función de un ambiente idóneo el cual permita a estudiantes, profesores, semilleros de investigación de la escuela de geología de la Universidad Industrial de Santander y comunidad en general afianzar y fortalecer conocimientos previamente adquiridos dentro del aula, de esta forma se logra que facilite el aprendizaje por medio del aprovechamiento del material existente y de esta forma se pueda proyectar un crecimiento constitucional hacia futuros profesionales en Geología y carreras afines, ellos resaltan que el compromiso institucional es importante para preservar la organización a través del tiempo.

De igual manera, Ardila y Vargas (2014) plantean la existencia de una creencia bastante errónea en cuanto a la conservación y mantenimiento de los materiales geológicos, ya que la mayoría de veces se considera que esto es algo sencillo, sin embargo, no se tiene en cuenta que hay varios factores que pueden llegar a afectarlos como lo son el ambiente (luz, temperatura, humedad, contaminación) biológicos (plagas, hongos) y principalmente la mala conservación (mobiliario inadecuado, mal transporte y manipulación inadecuada), es por esto que se hace necesario generar un exacto conocimiento de estos materiales y de lo que puede llegar a afectarlos para que de esta forma se establezca una conservación preventiva de estos materiales y así contribuir a la adquisición de conocimiento para la academia.

Trabajos como el de Cortes (2014), proponen incluso un diseño e implementación de una sistema de información que apoye los procesos y actividades de la Litoteca y colecciones de la escuela mediante un desarrollo continuo con al área de tecnologías de la información para de esta forma lograr optimizar procesos y se sean herramientas de acceso fácil mediante la creación de un Software que permita administrar las muestras nuevas y las ya existentes para que estas se pongan

a disposición de los docentes, estudiantes y usuarios en general que quieran obtener más información sobre ellas.

Otro trabajo de este tipo es el de Gómez y Jaimes 2012) en el que se busca suplir la necesidad de la escuela por optimizar, sistematizar la información y gestionar un espacio adecuado para la recepción de los diferentes tipos de materiales geológicos, para esto se crea una base de datos que permita almacenar la información del material que ingresa y de esta forma mejore la interacción de los usuarios con la misma, para esto se establecieron parámetros tanto para el ingreso como para el manejo del material, el cual será supervisado por el personal a cargo, lo anterior con el fin de que la Litoteca se convierta en un centro de investigación e información que administre todas las muestras de roca que se recogen en los proyectos realizados por la Escuela de Geología.

4. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se estableció un plan de trabajo basado en una metodología por fases, subdividiendo las actividades a realizar de la siguiente manera

Figura 1

Diagrama metodología proyecto



4.1. Revisión bibliográfica y de material geológico en laboratorios y litoteca

4.1.1 Revisión de antecedentes

Para lograr entender la importancia del proyecto respecto a la recuperación del material geológico y la consolidación de una colección, el paso inicial consiste en llevar a cabo una revisión de los documentos y bases de datos preexistentes en el tema. De esta forma, se puede enfocar el producto tomando como referente los estándares a nivel nacional e internacional. En este caso, se realizó una consulta de los trabajos investigativos previos referentes a la organización de la litoteca de la Escuela de Geología, obtenidos a través de la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander y de diferentes fuentes como libros, revistas, entre otros enfocados en la conservación, curación y almacenamiento de material geológico como museos, colecciones

privadas en universidades y Litotecas nacionales en diferentes países. A partir de allí se pudieron identificar seis parámetros clave:

- Tipo de material a conservar
- Usabilidad y público objetivo
- Representatividad del material
- Estado de conservación
- Condiciones de almacenamiento
- Protocolos de conservación

4.1.2 Establecimiento del alcance de la colección

Una vez sean identificadas las características que comprenden el concepto de una litoteca, se procede a establecer el alcance de la colección a partir de las necesidades que posee la Escuela de Geología en términos de uso académico. Siguiendo estos parámetros, surge la iniciativa de consolidar una colección de material que abarque no solo el ciclo de las rocas en términos generales (ígneas, metamórficas y sedimentarias) junto con sus minerales formadores de roca, sino también que incluya otros materiales producto de los procesos geológicos que toman lugar en nuestro planeta como la formación de estructuras y la conservación de fósiles.

Es entonces a partir de este material que se puede complementar el conocimiento teórico adquirido de los estudiantes de geología, principalmente para la asignatura de introducción a las geociencias, afianzando conceptos y procesos, reconocidos por medio de muestras de mano.

4.1.3 Establecimiento de parámetros de selección y clasificación de muestras

Teniendo en consideración que el público objetivo se compone del grupo de estudiantes de pregrado de primer semestre de la carrera en Geología, se identifican los parámetros de clasificación de cada categoría, resaltando sus características generales y su representatividad en

el ciclo de las rocas, otorgando así conocimientos al estudiante que pueden ser llevados a la práctica en su ejercicio académico y profesional.

A continuación, se exponen los términos de manera general, los cuales serán desglosados posteriormente en la fase de descripción:

4.1.3.1 Categoría #1 – Minerales. La clasificación de este grupo se lleva a cabo a partir de sus propiedades físicas y composicionales, permitiendo identificar minerales y elementos químicos que caracterizan a las clases minerales más abundantes y de mayor aplicabilidad en campo.

La abundancia de estos minerales radica en una cualidad particular, ser minerales formadores de roca, los cuales ayudaran a los estudiantes a correlacionar la información con las muestras de las categorías pertenecientes al ciclo de las rocas. Para ello se utilizarán los parámetros de clasificación del Manual de Mineralogía de Dana (Klein y Hurlbut, 1996) y los Manuales de identificación de rocas y minerales, Dorling Kindersley. (Pellant, 1993).

4.1.3.2 Categoría #2- Fósiles. Los fósiles son de vital importancia para la geología, ya que permiten al geo científico obtener evidencia no solo de los organismos que deambularon sobre la tierra a lo largo del tiempo geológico, sino también de las condiciones paleo ambientales y procesos geológicos que permitieron la conservación de su morfología. Principalmente, se logran identificar cuatro grupos principales de material a conservar: Vertebrados, Invertebrados, Estructuras vegetales y estructuras fósiles. Para esta categoría se usará la metodología Fundamentos de Paleontología, Comisión sectorial de la enseñanza (Perea, 2018) y Principios de Paleontología W.H Freeman (Raup, 1978).

4.1.3.3 Categoría #3-Rocas sedimentarias. El grupo de las rocas sedimentarias está dividido en rocas terrígenas o clásticas, y rocas químicas. En ambos casos se considera relevante

utilizar la clasificación de Folk (1974) permitiendo reconocer las características principales de los sedimentos clásticos en parámetros texturales, y la clasificación en función del contenido de matriz, bioclastos o cemento calcáreo. Ambas subcategorías permiten reconocer las condiciones paleo ambientales que afectaron los sedimentos, condiciones en el nivel de energía, tipo de flujo, materiales afectados, y procesos químicos que interactuaron a lo largo de su erosión, transporte, depositación y compactación. Tomando así importancia esta clasificación, como herramienta útil para los estudiantes desde el inicio de su carrera hasta la práctica del ejercicio profesional. En esta categoría se usará la metodología de Guía de Laboratorio de Sedimentología para Geólogos, Escuela de geología, UIS (Cruz, 2007)

4.1.3.4 Categoría #4- Estructuras sedimentarias. Las estructuras clásticas son el reflejo de las condiciones físicas, químicas y biológicas a las que se sometió el sedimento a lo largo de todo el proceso de sedimentación y litificación. De forma paralela, las estructuras químicas se forman a partir de la circulación y acumulación de fluidos ricos en elementos químicos que conforman las rocas. Ambos tipos de estructuras otorgan información relevante sobre las condiciones paleo ambientes en las que se formaron y los factores que intervinieron en el proceso. En ambos casos se catalogará las muestras a partir de las estructuras que se evidencien a nivel macroscópico, teniendo en cuenta la litología donde fueron formadas y correlacionándola a un ambiente de formación específico. Su descripción se basará en los parámetros estipulados en el Atlas de Estructuras Sedimentarias Inorgánicas y Biogénicas. (Ponce, J.J et al, 2018)

4.1.3.5 Categoría #5- Rocas ígneas. La clasificación de las rocas ígneas se dividió en cuatro partes basadas en las condiciones de temperatura y presión en las que fueron formadas (Intrusivas, hipo abisales, extrusivas, piroclásticas), las cuales se identifican a partir del resultado

de la textura de la roca, en términos de geometría, tamaño de grano, orientación de minerales y formación de otras estructuras.

Por otra parte, estas rocas son clasificadas a partir de la composición del magma parental (Máficas, intermedias, félsicas), ya que al entender la química de la roca se puede conocer tanto su proveniencia como su asociación a un ambiente de formación específico. La clasificación de estas muestras se hace basada en los parámetros de descripción de la Guía de Laboratorios de petrología ígnea, Escuela de Geología, UIS. (Mantilla, 2003)

4.1.3.6 Categoría #6- Rocas metamórficas. Al igual que las rocas ígneas la importancia de las rocas metamórficas radica en las condiciones de temperatura y presión a las que son formadas. Estas condiciones se verán reflejada en la roca a partir de su textura, formación de minerales indicadores y composición mineralógica. Al poderse formar a partir de cualquier tipo de roca preexistente, serán clasificadas por medio de su protolito o roca madre. La suma de estas características permitirán asociarla a un tipo de metamorfismo específico y, en consecuencia, a un posible ambiente de formación.

4.2. Selección y depuración de muestras de la colección general

4.2.1 Etapa de preselección de muestras

La etapa inicial de revisión del material geológico se efectúa a partir de la realización de un barrido por la Litoteca y en los laboratorios de almacenamiento, en busca de muestras que puedan considerarse de importancia para esta colección y que encajen con el perfil de cada categoría previamente descrita.

Estas muestras fueron posteriormente almacenadas en canastas en un espacio aislado libre de humedad, evitando la aglomeración y apilamiento para evitar el desgaste de los bordes y de las estructuras principales.

4.2.2 Selección de muestras de mano a partir de su representatividad

Durante esta fase fue depurado el material recolectado y preseleccionado durante la etapa anterior. Para este proceso se tuvieron en cuenta los parámetros de clasificación establecidos en las fases anteriores y en base a las guías de laboratorio de la asignatura Introducción a las Geociencias.

4.2.2.1. Limpieza. La primera parte de las sesiones de laboratorio consta de efectuar un proceso de limpieza, removiendo suciedad y material particulado adherido a las muestras ya sea porque se conservan de esa manera desde su proceso de recolección o por la falta de mantenimiento del material almacenado. Para la limpieza se utilizan los siguientes instrumentos:

- Cepillo de cerdas suaves
- Agua
- Paño de tela
- Punzón de punta delgada

Para los materiales cristalinos o con alta cohesión y cementación se utiliza el cepillo de cerdas suaves humedecido con agua, retirando cualquier agente externo a la composición de la roca. Posteriormente, si la muestra no presenta porosidad o permeabilidad se procede a retirar el excedente de suciedad con agua a baja presión.

En los materiales con baja cohesión, tamaño de grano muy fino (lodos o arcillas), materia orgánica o con un componente de fragilidad, se humedece un paño de tela con agua solo para retirar el polvo o la capa de material particulado que recubre la muestra.

Por último, con la ayuda de un punzón de punta fina se retiran los excesos de lodo o mugre acumulado en las oquedades o vértices de los planos de cristalización.

Es importante aclarar que solo se emplea el agua como único agente de limpieza de las muestras, ya que no se debe utilizar ninguna sustancia que altere la química o el PH de las rocas como lo pueden ser: jabón, ácidos, alcohol, sustancias corrosivas, entre otros.

4.2.2.2 Revisión y selección. Posterior a la limpieza, las muestras son evaluadas según su estado de conservación, observándolas por medio de una lupa binocular para catalogar su estado actual y su representatividad en la colección. Como complemento de este proceso se lleva a cabo una revisión de las bases de datos existentes en las muestras de mano, las cuales fueron el resultado de trabajos de investigación en las asignaturas de campo o que corresponden a proyectos de grado que tuvieron un componente importante de petrología, permitiendo de esta manera recolectar la mayor cantidad posible de información.

Con esta metodología se buscan entonces las muestras que presenten un bajo grado de fracturamiento, cohesión moderada, intemperismo y alteración baja que a su vez exhiban características de interés.

4.3 Descripción y organización de las muestras de mano.

4.3.1. Descripción

Para clasificar las rocas seleccionadas, se desarrollan diversas prácticas de laboratorio, describiendo sus características macroscópicas, permitiendo clasificar cada muestra en su respectiva categoría de la colección. A partir de los diferentes tipos de clasificación propuestos por los diferentes autores, se desarrolla un catálogo de muestras de roca principalmente enfocado en las propiedades físicas y texturales observables a escala macroscópica, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Tabla de autores y recursos bibliográficos para la elaboración del catálogo

CATEGORÍA	SEDIMENTOLOGÍA	PETROLOGÍA ÍGNEA	PETROLOGÍA METAMÓRFICA	MINERALOGÍA CLÁSICA	PALEONTOLOGÍA
RECURSO	Manual de sedimentología para geólogos, Escuela de Geología, UIS. (Cruz, 2007)	Guía de Laboratorio de petrología ígnea, Escuela de Geología, UIS. (Mantilla, 2003)	Manual de prácticas de petrología metamórfica, Escuela de Geología, UIS. (García, 2007)	Manual de mineralogía de Dana, (Klein y Hurbult, 1996) Manuales de identificación de rocas y minerales, Dorling Kindersley. (Pellant, 1993)	Fundamentos de Paleontología, Comisión sectorial de la enseñanza (Perea, 2018) Principios de Paleontología, W.H Freeman (Raup, 1978)
CLASIFICACIÓN	Textural	Composicional y textural	Estructural y textural	Propiedades físicas y composicionales	Vertebrados/invertebrados /vegetal/estructura
AUTOR	Folk (1974)	Streckeisen (1976) Winter (2001)	SCMR (2004)	Klein y Hurbult (1996) Pellant (1993)	Perea (2018) Raup (1978)

Adicional al apoyo bibliográfico, cada practica requiere de los siguientes materiales:

- Lupa monocular con aumento 10 – 20 x.
- Navaja de acero
- Regla
- Ácido clorhídrico en concentración al 10%
- Bata de laboratorio

Una vez se efectúe la clasificación de las muestras, sus características son documentadas en formatos digitales de Excel, elaborando un banco de datos que simplifique y condense la información por categoría. A partir de estas tablas, se transcribe la información de manera sintetizada al elaborar un catálogo de muestras con su respectiva descripción y clasificación.

Figura 2

Prácticas de laboratorio para la descripción de muestras



4.3.2. Organización de la colección

4.3.2.1 Catalogación y documentación de muestras. Una vez culmine el trabajo de laboratorio, a cada muestra le es asignado el nombre resultante de la clasificación utilizada, junto con un código de reconocimiento como componente de la colección, el cual está compuesto por los siguientes acrónimos:

- CG: Colección general
- MIN: Minerales
- FSL: Fósiles
- IGN-I: Rocas ígneas intrusivas
- IGN-SV: Rocas ígneas Subvolcánicas
- IGN-E: Rocas ígneas extrusivas
- SDC: Sedimentarias clásticas
- SDQ: Sedimentarias químicas:
- EST: Estructuras sedimentarias

- MET: Metamórficas

De esta manera, cada código refleja la combinación de dos acrónimos y un número. Por ejemplo, la muestra CG-MIN-01 corresponde al primer ejemplar de la colección general en la categoría de minerales.

Los códigos serán marcados en las muestras con la ayuda de barniz blanco y tinta china siguiendo los parámetros de catalogación y documentación del Manual de laboratorios y Litoteca de la escuela. Adicionalmente, se elaboran fichas técnicas que acompañaran a la muestra, presentando su nombre, código e información sintetizada de la descripción de sus características.

Figura 3

Catalogación y documentación de muestras



4.3.2.2 Almacenamiento. En esta etapa se almacena cada pieza de la colección con su respectiva ficha técnica, dentro de bolsas plásticas individuales de alto calibre, adecuadas para la conservación de muestras, soportando el deterioro por el ambiente y evitando rupturas por los bordes angulosos de las mismas. Cada muestra es almacenada en canastas plásticas industriales

de 52 cm x 35cm x 15 cm de dimensión. Dependiendo del volumen que ocupe cada roca se ubican entre 8-10 muestras por canasta, evitando el apilamiento para reducir el riesgo de deterioro de bordes, fracturas o disgregamiento de estas.

Figura 4

Almacenamiento de muestras de la colección



4.4 Toma de fotografías en 2D y en 3D para fotogrametría de muestras de mano

Durante esta fase se realiza la toma de fotografías para cada muestra de mano que componen las diferentes categorías de la colección. Para ello, se diseñó un espacio en el laboratorio de modelado geodinámico de la escuela de Geología donde se armó el montaje de luces, trípode, platina rotaria y demás elementos para la sesión fotográfica.

Para las fotografías 2D se disponen las muestras de mano sobre un fondo blanco. Cada fotografía contará con la muestra y una escala métrica de referencia que refleje tamaño y diámetro de grano.

Por su parte, las fotografías en 3D se realizan ubicando la muestra de mano en el fondo blanco y realizando varias tomas desde ángulos diferentes, girando la platina aproximadamente

cada 5° desde una vista frontal y superior. De esta manera se busca obtener el mayor detalle y características más representativas de las diez muestras seleccionadas.

Una vez se tengan las 144 fotografías aproximadas por muestra, se procede a armar un modelo 3D por medio de un amarre de nube de puntos, generando el montaje de fotogrametría en el software Agisoft Metashape, instalado con una licencia vitalicia en los computadores de la sala de computación y modelado digital de la Escuela de Geología.

Figura 5

Montaje para la toma de fotografías



4.5 Preparación del catálogo físico y digital de la colección

Esta fase involucra la secuencia de procesos necesarios para ensamblar el catálogo de la colección, partiendo del diseño de diferentes plantillas por categoría basadas en sus componentes de clasificación, hasta la organización de la información contenida en la base de datos de Excel, incluyendo una fotografía adjunta para cada muestra representativa como soporte visual.

4.6 Elaboración de guías y protocolos para la gestión de muestras de la colección

A partir del establecimiento de protocolos y recomendaciones basadas en los estándares internacionales del curado de colecciones en museos y entidades públicas y en estándares locales tales como el “Manual de buenas prácticas de laboratorios y Litoteca” de la Universidad Industrial de Santander, esta fase se encuentra enfocada en elaborar un documento guía para el almacenamiento, manipulación y cuidado del material geológico seleccionado y también para el establecimiento de parámetros para el ingreso de nuevo material a la colección en Geología General.

5. Productos

Siguiendo el rumbo de los objetivos planteados en esta pasantía de investigación, organizar y gestionar una colección de material geológico en geología general, no implica solamente clasificar y almacenar muestras recuperadas de la litoteca. Estos objetivos buscan ir más allá al convertir la colección en un material didáctico para los estudiantes de la carrera, ayudándolos a entender y reforzar las bases de esta ciencia, sus procesos, factores involucrados, química de las rocas, sus rasgos característicos y parámetros de reconocimiento y clasificación a nivel macroscópico.

Para lograr estos objetivos, este proyecto se encargó de crear una serie de productos con diferentes enfoques, iniciando por la elaboración de un catálogo, el cual permitiera clasificar y reconocer las características más relevantes del material recolectado; seguido por la generación de una guía de buenas prácticas donde los estudiantes pudieran aprender la normativa y protocolos necesarios para la conservación y gestión de material geológico y terminando con el desarrollo de un proyecto piloto que busca incorporar nuevas tecnologías al proceso de aprendizaje y

conservación del material geológico, permitiendo recrear muestras de mano en un medio digital por medio de modelos 3D.

5.1 Catálogo de muestras de la colección general en formato digital e impreso

La colección en geología general se encuentra dividida en seis categorías principales:

- Minerales
- Fósiles
- Rocas sedimentarias
- Estructuras sedimentarias
- Rocas ígneas
- Rocas metamórficas

Para la documentación de la información de cada categoría, se generaron formatos únicos que, si bien reflejan las características específicas para cada tipo de roca o material geológico, coinciden en la estructura en los siguientes componentes:

- Nombre
- Código de la colección
- Subgrupo
- Categoría
- Fotografía adjunta
- Parámetros de clasificación

Para la elaboración del catálogo, se seleccionaron las muestras que se consideraran como las más representativas del ciclo de las rocas, por medio del establecimiento de parámetros de clasificación que aborden conceptos sencillos y generales de la geología como ciencia, para el uso

práctico de los estudiantes de la asignatura de Introducción a las geociencias, complementando el conocimiento que hayan adquirido durante sus clases y hasta el momento de realizar las prácticas.

A continuación, se profundiza en los conceptos que comprenden los parámetros utilizados por categoría.

5.2 Manual de gestión de la colección en geología general

El propósito de este manual es orientar a los estudiantes de geología de primer semestre que deseen hacer uso de la colección de material en geología general, por medio de una serie de normativas, metodologías y protocolos encaminados a la gestión de material geológico.

Por una parte, este manual servirá como complemento de las practicas enfocadas a la descripción de las características físicas observables a nivel macroscópico de las rocas que componen el ciclo geológico a partir de una metodología practica establecida. Por otra parte, este documentó se enfocará en resaltar la importancia de los cuidados especiales a nivel general y particular que debe seguir el estudiante durante cada etapa que involucre la manipulación de material, por medio de una serie de lineamientos y recomendaciones que permitan optimizar la conservación de estos.

Adicionalmente, como parte de los principios de la academia y pedagogía, este documento busca fomentar el desarrollo y crecimiento de esta colección. Para ello, se estableció una serie de parámetros y requisitos establecidos para todo el material que se desee ingresar y formar parte de la selección de rocas de la colección en geología general.

El manual está diseñado para abarcar cada etapa que involucre la interacción con el material de la colección. A continuación, se profundiza en cada etapa:

5.2.1 Categoría 1- Minerales

Esta categoría se enfoca en resaltar las propiedades físicas y composicionales de los minerales a nivel macroscópico. Asimismo, la selección de este grupo de minerales está orientada a permitirle al estudiante identificar los principales minerales formadores de roca, de alteración, indicadores de condiciones del ambiente de formación, o que presentan gran abundancia en el planeta. Estos parámetros son:

5.2.1.1 Formula química. Es la representación de los elementos que constituyen un compuesto químico en proporciones determinadas.

5.2.1.2 Clase mineral. A partir de la clasificación de Strunz (1910), las clases reflejan la agrupación de los minerales en 8 grupos a partir de su combinación atómica. Estos se dividen en:

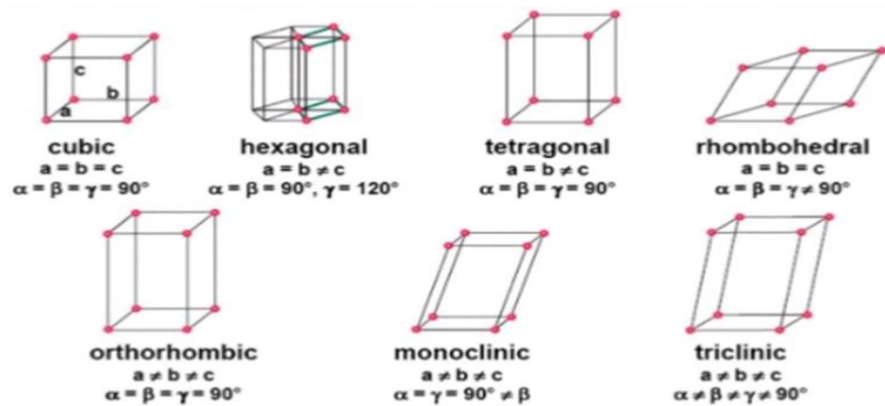
- Clase I: Elementos nativos
- Clase II: Sulfuros y Sulfosales
- Clase III: Halogenuros
- Clase IV: Óxidos e Hidróxidos
- Clase V: Nitratos, Carbonatos y Boratos
- Clase VI: Sulfatos, Cromatos, Molibdatos y Wolframatos
- Clase VII: Fosfatos, Vanadatos y Arseniats
- Clase VIII: Silicatos

5.2.1.3 Sistema cristalino. Forma en la que se orientan los átomos a través del espacio formando un enrejado cristalino con una estructura específica, siendo el reflejo interno de las caras externas de un mineral. Estos se dividen en:

- Triclínico
- Monoclínico
- Ortorrómbico
- Tetragonal
- Trigonal
- Hexagonal
- Cúbico

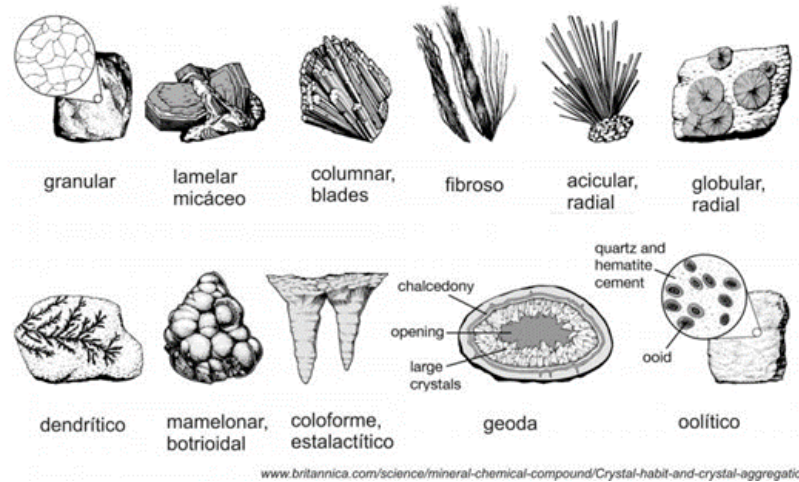
Figura 6

Sistemas cristalinos de minerales



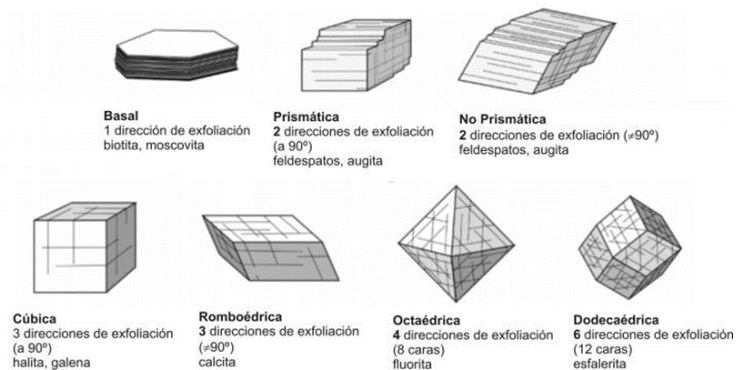
Nota. Tomado de <http://quimicaeningenieriaindustrialitssat.blogspot.com/2017/10/215-concepto-y-caracterizacion-de.html>

5.2.1.4 Hábitos y agregados cristalinos. Reflejan la apariencia y forma de los cristales que crecen de manera individual o en conjunto.

Figura 7*Hábitos y agregados cristalinos*

Nota. Tomado de <https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/propiedades/propiedades.html>

5.2.1.5 Exfoliación. Característica que presentan algunos minerales de romperse de forma paralela a los planos atómicos que componen su sistema cristalino.

Figura 8*Tipos de exfoliación en minerales*

Nota. Tomada de <https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/propiedades/propiedades.html>

5.2.1.6 Fractura. Capacidad de ruptura del cristal al no seguir una dirección cristalográfica específica.

- Concoidea: cuando la fractura tiene superficies suaves, lisas como las de la cara interior de una concha.
- Fibrosa o astillosa: cuando un mineral se rompe según una superficie irregular, dentada, con filos puntiagudos.
- Desigual o irregular: cuando un mineral se rompe según superficies bastas e irregulares.

Figura 9

Tipos de fracturas más presentes en los minerales



Nota. Modificada de: Catálogo de la Colección Principal de Minerales y Rocas Ígneas del Laboratorio de Geología Física de la Facultad de Ingeniería, UNAM; [ptolomeo.unam.mx](https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/propiedades/propiedades.html). Tomada de <https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/propiedades/propiedades.html>

5.2.1.7 Dureza. Capacidad de resistencia de la superficie de un mineral a ser rayada o al exponerse a esfuerzos de tensión sin ruptura. En esta categoría se usa la tabla de dureza de Mohs, que muestra 10 minerales representativos clasificados por su grado de dureza.

Figura 10*Escala de Mohs*

Nota. Por Stockholm precision tools, en <https://sptab.com/es/escala-de-mohs-dureza-minerales/>. Derechos de autor 2022 Stockholm Precision Tools, todos los derechos reservados.

5.2.1.8 Color. Intervalo de luz visible en un material que es capaz de absorber o reflejar la luz incidente. Esta característica también se asocia al color otorgado por la composición química de un mineral.

5.2.1.9 Raya. Corresponde a la coloración del polvo fino que suelta un mineral al ser frotado con una porcelana porosa.

5.2.1.10 Brillo. Aspecto de las caras superficiales de un mineral al estar expuesto al reflejo de la luz. El brillo de los minerales puede ser de varios tipos.

- Brillo metálico: minerales de apariencia metálica. Las sustancias que tienen brillo metálico son opacas o casi opacas, bastante pesadas y reflejan completamente la luz.
- Brillo vítreo: el cual recuerda al vidrio y que presentan el 70% de los minerales.
- Resinoso: Que tiene el brillo de la resina.
- Nacarado: Que tiene el brillo irisado de la perla. Se observa por lo general en las superficies de los minerales paralelas a los planos de exfoliación.

- **Graso:** Que parece estar cubierto con una delgada capa de aceite. Este brillo resulta de la luz difundida por una superficie microscópicamente rugosa.
- **Sedoso:** Como la seda. Resultado de la reflexión de la luz sobre un agregado paralelo de fibras finas.

5.2.1.11 Rocas asociadas. Asociar los tipos de rocas que se pueden formar a partir de este mineral o que lo contienen habitualmente en la naturaleza, y el proceso que intervino en su génesis.

5.2.2 Categoría 2- Fósiles

Esta categoría busca representar los tipos de fósiles más comunes que puede encontrar un estudiante en su ejercicio de prácticas de campo, junto con otros fósiles particulares que despierten la curiosidad por el alcance de la paleontología. Adicionalmente, se busca correlacionar el fósil con la litología que lo contenga, con el propósito de entender el tipo de ambiente y condiciones que podrían ser propicias para su conservación. Para clasificarlos se utilizan los siguientes parámetros para los diferentes tipos de fósiles:

5.2.2.1 Vertebrados. Organismos animales dotados de un esqueleto conectado a una columna vertebral.

5.2.2.2 Invertebrados. Todo organismo animal que carece de una estructura ósea y columna vertebral.

5.2.2.3 Vegetales. Organismos multicelulares que comprenden el reino de las plantas, o que deriva de ellas.

5.2.2.4 Estructuras. Las estructuras etológicas comprenden el reflejo registrado del comportamiento de un organismo en un sedimento.

5.2.2.5. Molde. Restos de un organismo que se descompone y se rellena de sedimentos o de precipitación de minerales.

5.2.2.6 Impresión. Conocida como contra molde, es la huella que queda al presionar el molde contra el sedimento que se litifica posteriormente.

5.2.2.7 Resina. La resina o savia es la sustancia que segrega un organismo vegetal y que logra solidificarse y conservarse en el tiempo.

5.2.3. Categoría 3- Rocas sedimentarias

La categoría de rocas sedimentarias se divide en rocas clásticas y rocas químicas. Por su aplicabilidad la clasificación de Folk se utiliza para ambas secciones en conjunto con la Guía de laboratorio de Sedimentología para geólogos (Escuela de Geología UIS, 2007). Las rocas clásticas son entonces evaluadas basándose en su componente textural, mientras que las químicas se clasifican por la proporción en matriz, cemento y su porcentaje de alquímicos.

5.2.3.1 Rocas sedimentarias clásticas (Terrígenas). Se clasifican en base a los siguientes parámetros texturales:

5.2.3.1.1 Textura. Características presentes en los diferentes componentes de la roca producto de los procesos físicos y químicos que interactuaron a lo largo de su formación.

5.2.3.1.2 Tamaño de partículas. Característica que refleja los procesos erosivos y de transporte a los que fueron sometidos los diferentes granos en referencia a su tamaño. Se subdividen en:

- Grava (>2 mm de diámetro)
- Arena (Entre 0.0625 mm y 2.0 mm)
- Lodo (Entre 0.0039 mm y 0.0625 mm)
- Arcilla (<0.0039 mm)

A su vez cada clase mayor se divide en rangos de clase de tamaño menores dependiendo de los límites del diámetro de las partículas.

Figura 11

Imagen comparativa de tamaño de grano

Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)
		Grava (clastos angulosos)
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla

Nota. Tomado y modificado de Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Cientficias, A. T. (2005). Ciencias de la Tierra (Vol. 1). Madrid: Pearson Educación.

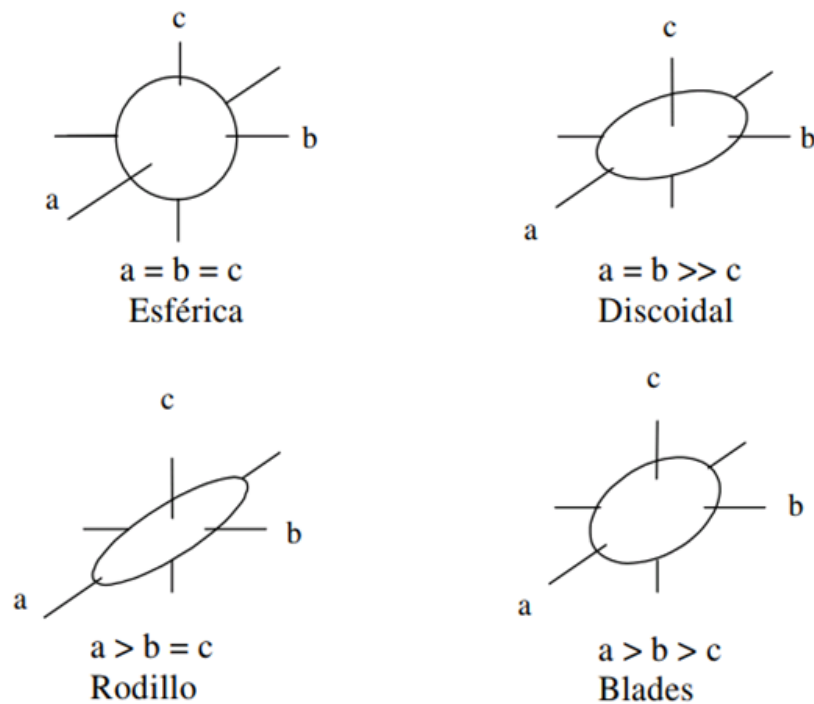
5.2.3.1.3 Esfericidad. Se define como el índice de medición en el que un clasto se asemeja a una esfera. La relación entre los tres ejes dimensionales refleja las condiciones del ambiente y los procesos que han afectado su forma. Este índice puede clasificarse en:

- Esférica
- Discoidal

- Rodillo
- Blades

Figura 12

Forma de las partículas con base en el concepto de esfericidad

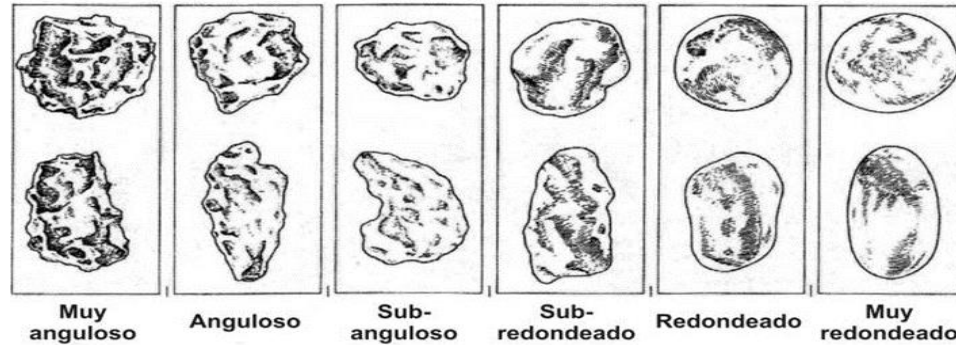


Nota. Por de Friedman 1987, Pág. 11. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.3.1.4 Redondez. Califica la presencia o ausencia de bordes en los contornos de un grano independiente de su forma. Busca clasificar que tan redondeada se encuentra una partícula y por ende la intensidad de la abrasión y erosión en la misma. Sus rangos varían en la transición entre una partícula muy angular hasta una muy redondeada.

Figura 13

Términos de grado de redondeamiento y esfericidad según Powers 1953

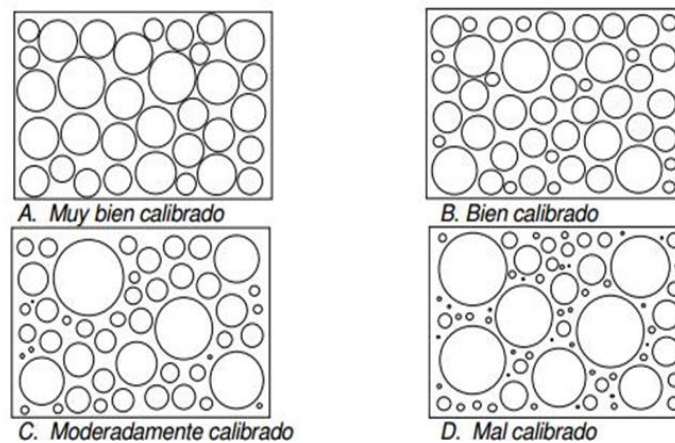


Nota. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.3.1.5 Calibrado. Mide la capacidad de selección de los tamaños de los sedimentos a partir de la homogeneidad que evidencien las partículas. A partir de esta característica se logra determinar el nivel de energía del medio. Su clasificación varía en los rangos desde pobremente calibrado y heterogéneo hasta muy bien calibrado.

Figura 14

Imágenes de calibrado de partículas por Pettijohn.



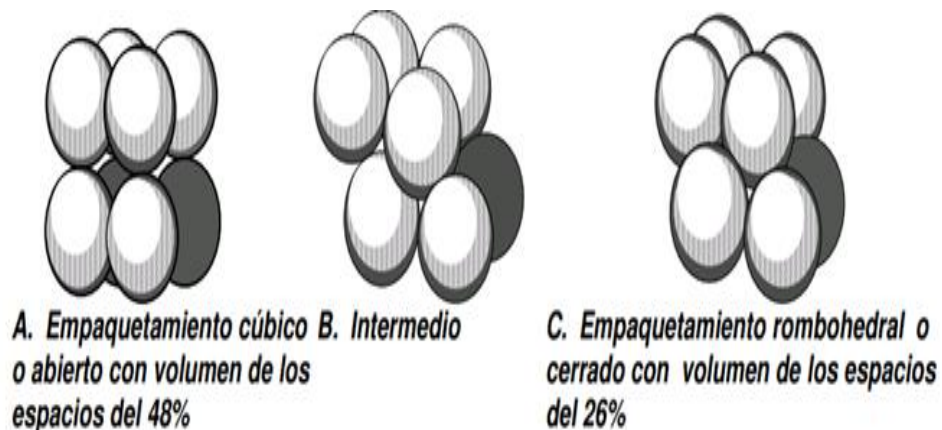
Nota. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.3.1.6 Empaquetamiento. Se refiere a la proporción, distribución y orientación volumétrica de las partículas, haciendo referencia a la relación entre las partículas y los espacios entre ellas. Se dividen principalmente en tres clases:

- Empaquetamiento abierto (52 % partículas vs 48 % de espacio vacío)
- Empaquetamiento intermedio (60 % partículas vs 40% de espacio vacío)
- Empaquetamiento cerrado (74 % partículas vs 26 % de espacio vacío)

Figura 15

Tipos de empaquetamiento de partículas clásticas

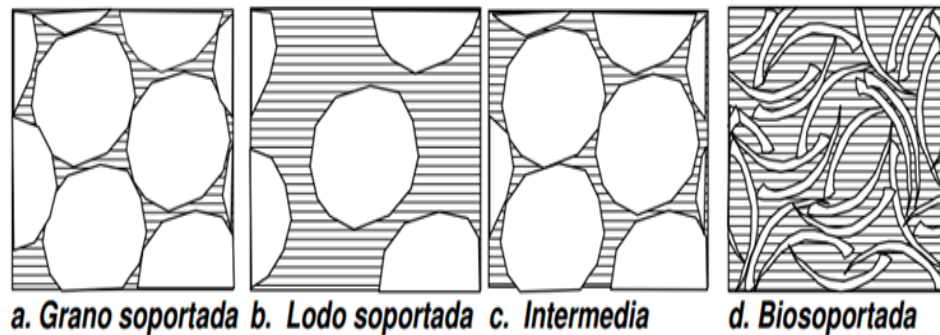


Nota. Por Graton y Fraser 1935. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.3.1.7 Armazón. Se considera el material de mayor abundancia o tamaño que comprende los cementos de la roca al darle un sostenimiento a los demás materiales. Su origen puede ser clástico o biogénico.

Figura 16

Tipos de fábrica presente en los sedimentos y en las rocas sedimentarias.

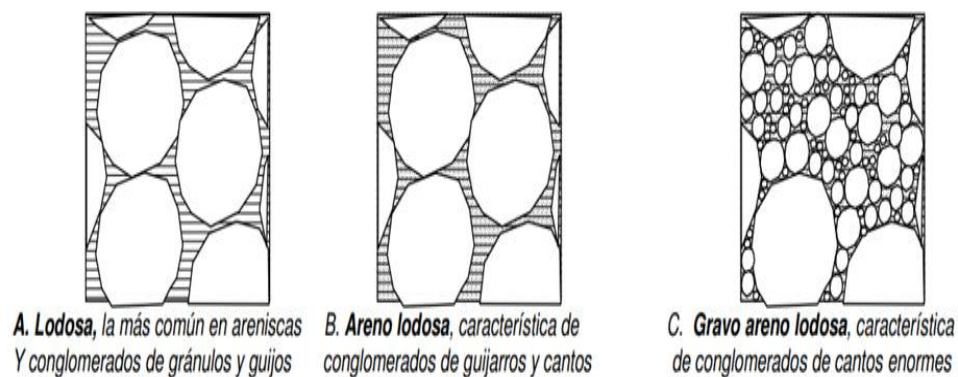


Nota. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.3.1.8 Matriz. Clastos que rellenan el espacio vacío entre las partículas del armazón y pueden ser de un tamaño de grano homogéneo o heterogéneo dependiendo de la energía del ambiente.

Figura 17

Tipos de matriz presente en los sedimentos y las cosas sedimentarias

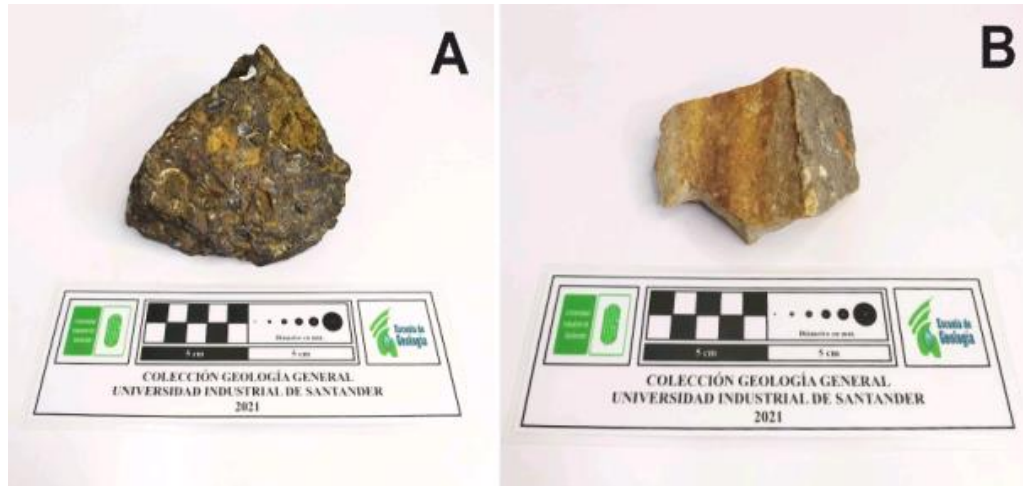


Nota. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.3.1.9 Cemento. Material químico que precipita tras la depositación del armazón y la matriz. Se compone de iones que se disuelven y transportan en fluidos que interaccionan con los sedimentos. Al cristalizar, cementan las partículas, dándoles cohesión.

Figura 18

Tipos de cemento en las rocas sedimentarias



A: Roca sedimentaria con cemento silíceo B: Roca sedimentaria con cemento calcáreo

5.2.3.1.10 Porosidad. Porcentaje que relaciona la cantidad de granos y de espacios vacíos o poros en comparación con el espacio que ocupa la roca. Se divide en:

- Primaria (Singénética)
- Secundaria (Postgenética)

5.2.3.1.11 Madurez textural. La madurez se determina a partir de la revisión en conjunto de los procesos de modificación textural. Al analizar las características texturales de la roca como forma, calibrado, el porcentaje de arcilla, y encontrar similitud y homogeneidad en la muestra, se habla de un aumento progresivo en la madurez.

Figura 19

Madurez textural de los sedimentos basado en el calibrado

MADUREZ TEXTURAL	CONTENIDO DE MATRIZ	SELECCIÓN	REDONDEZ
Inmaduro	> 5 %	No aplica	No aplica
Submaduro	< 5 %	Muy mala, mala o moderada	No Aplica
Maduro	< 5 %	Buena o muy buena	Angular o subangular
Supermaduro	< 5 %	Buena o muy buena	Bien redondeado, redondeado o subredondeado

Nota. Con base en Folk 1974. Tomado de conceptos básicos para la descripción de depósitos recientes de origen sedimentario. Por Roberto Terraza (2009)

5.2.3.1.12 Ambiente de formación. Una vez se clasifique la muestra a partir de características texturales, se pueden analizar los diferentes patrones de comportamiento de los factores que afectaron la muestra desde su transporte hasta su depositación permitiendo de esta manera asociarlo a un ambiente de condiciones específicas que concuerden con la descripción dada.

5.2.3.2. Rocas sedimentarias químicas.

A diferencia de las rocas clásticas que se forman principalmente por procesos físicos, las rocas químicas hacen referencia a la precipitación de carbonatos principalmente en un medio rico en fluidos y en iones disueltos. Además de contener clastos, se genera la cristalización de estos minerales de baja temperatura, junto con los constituyentes aloquímicos. Folk (1974) clasifica estas rocas basándose en la proporción de estos componentes en el volumen total de la roca. Esta se clasifica para partir de los siguientes parámetros:

5.2.3.2.1 Aloquímicos. Hace referencia a las partículas que se forman en una cuenca de manera diferente al resto de los clastos, al ser precipitadas, cristalizadas y posteriormente transportadas. Son identificables por tener un tamaño mayor a 0.0625 (tamaño arena hasta grava) y se clasifican en los siguientes grupos:

- Bioclastos (Fragmentos fósiles)
- Oolitos
- Pellets (Desechos fecales ricos en carbonatos)

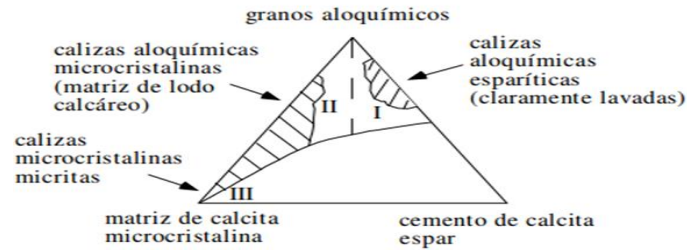
5.2.3.2.2 Matriz. Se compone de sedimentos tamaño lodo o arcilla principalmente, los cuales por las condiciones en el ambiente son ricos en carbonatos. Se le conoce como lodo calcáreo. Estos minerales logran precipitar en tamaños microcristalinos, donde solo se ven los cristales con la ayuda de un microscopio.

5.2.3.2.3 Cemento. Al igual que en las rocas clásticas, el cemento se forma posterior al transporte de las partículas. El ambiente saturado en fluidos con carbonato logra precipitar entre estas partículas, dando cohesión y cristalizando a tamaños mayores a 1 mm de diámetro. Es fácilmente reconocible por la reflectancia de la luz sobre los cristales y se le conoce a este mineral como calcita espar o esparita.

5.2.3.2.4 Tipos de Caliza. A partir del diagrama de clasificación de rocas calcáreas basadas en elementos texturales de Folk (1974), se pueden clasificar los diferentes tipos de calizas acorde a la relación entre los componentes aloquímicos, matriz y lodo. A su vez, estos se pueden subdividir en diferentes clasificaciones acorde a los rangos porcentuales y la predominancia de cada elemento.

Figura 20

Clasificación de rocas calcáreas aloquímicas



Nota. Por Folk, 1974. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

Caliza tipo I. Designadas como rocas esparíticas o esparitas (Folk, 1974)

Caliza tipo II. Designadas como rocas aloquímicas microcristalinas. (Folk, 1974)

Caliza tipo III. Designadas como rocas microcristalinas. (Folk, 1974)

5.2.3.2.5. Ambiente de formación. Tras clasificar las muestras en los diferentes tipos de calizas, es posible hacer la correlación de sus características con los factores que interactúan en un ambiente de depositación con condiciones específicas.

Figura 21

Clasificación de carbonatos según Folk (1974)

ESPECTRO TEXTURAL DE LOS CARBONATOS

	MAS DE 2/3 DE MATRIZ DE LODO CALCÁREO				LODO CALCÁREO Y ESPAR SUBIGUALES	MAS DE 2/3 DE CEMENTO ESPAR		
PORCENTAJE DE ALOQUÍMICOS	0 - 1 %	1 - 10 %	10 - 50 %	CON MAS DEL 50%		POBRE/ CALBRADA	BEN CALBRADA	REDONDEADA Y CON ABRASION
TERMINOS DE ROCA REPRESENTATIVOS	MICRITA Y DISMICRITA	MICRITA FOSLIFERA	BIOMICRITA FALA	BIOMICRITA EMPAQUETADA	BIOMICRITA POBREMENTE LAVADA	BIOESPARITA NO CALBRADA	BIOESPARITA CALBRADA	BIOESPARITA REDONDEADA
TERMINALOGÍA 1959	MICRITA Y DISMICRITA	MICRITA FOSLIFERA	BIOMICRITA			BIOESPARITA		
ANALOGÍAS TERRIGENAS	ARCILLOLITA CLAYSTONE	ARCILLOLITA ARENOSA SANDY CLAYSTONE	ARENISCA INMADURA O ARCILLOSA CLAYED OR INMADURE SANDSTONE		ARENISCA SUBMADURA SUBMATURE SANDSTONE	ARENISCA MADURA MATURE SANDSTONE	ARENISCA SUPERMADURA SUPERMATURE SANDSTONE	

Nota. Tomada de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

Esta imagen se usó para definir los parámetros de clasificación de rocas sedimentarias químicas que se describen en el Manual de la colección de geología general.

5.2.4. Categoría 4- Estructuras sedimentarias

Esta categoría está enfocada en resaltar la importancia de las estructuras sedimentarias, que reflejan el registro de las condiciones de un ambiente de formación, transporte y depositación de material sedimentario. Principalmente se busca que el estudiante aprenda a reconocer estas estructuras en la naturaleza y entienda los procesos que llevaron a su consolidación. Para ello se recurre al Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas de Ponce (2018). A partir de ese documento se plantean los siguientes parámetros:

5.2.4.1. Estructuras según su génesis. Hace referencia al origen de la estructura, involucrando los procesos que llevaron a su consolidación. Se divide en:

- Inorgánica- mecánica (Generada a partir de procesos físicos)
- Inorgánica-química (Generada a partir de procesos fisicoquímicos inorgánicos)
- Biogénica (Formado por la actividad de organismos en el sedimento)

Figura 22

Estructuras según su génesis



A: Inorgánica-Mecánica (Ripple marks)

B: Biogénica (Icnofósiles)

C: Inorgánica química (huellas de desecación)

5.2.4.2. Estructuras según el tiempo de formación. Se refiere al momento de generación de las estructuras durante el proceso de formación de la roca sedimentaria. Se divide en:

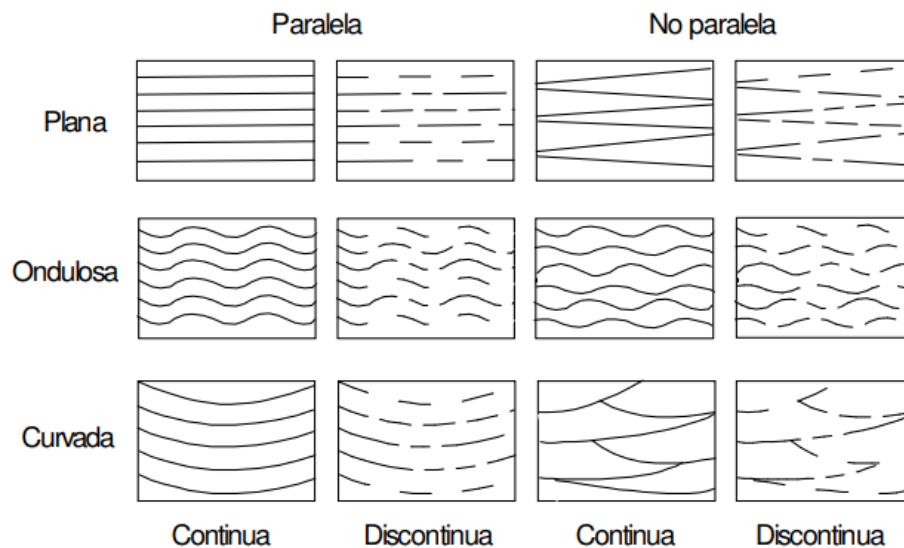
- Primaria (simultaneo a la sedimentación o previo a la consolidación del sedimento)
- Secundaria (posterior a la depositación, conocido como estructuras deformacionales)

5.2.4.3. Estructuras según su ubicación en el estrato. Hace referencia a si marcan el límite entre estratos o se encuentran contenidas dentro de una capa. Se dividen en:

- Estratales (Techo del estrato)
- Endostratales (Dentro del estrato)
- Subestratales (Base del estrato)

Figura 23

Descripción estructuras internas según Campbell 1967



Nota, Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.4.4. Estructuras según las paleo corrientes. Permite diferenciar las estructuras que reflejan el flujo de la corriente que transportó los sedimentos de las que no. Se divide en:

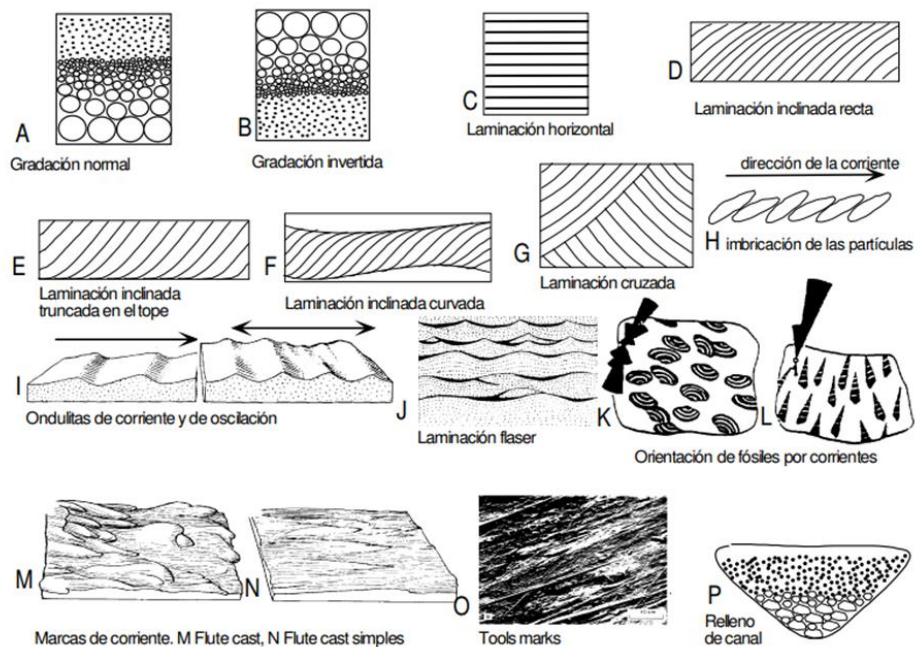
- Direccionales
- No direccionales

5.2.4.5. Roca huésped. Clasifica la roca sedimentaria que genera la estructura basada en sus componentes texturales.

5.2.4.6. Ambiente de formación. Tras haber identificado el tipo de estructura, el proceso de formación, agentes de transporte y la roca que contiene la estructura, se puede correlacionar el tipo de paleo ambiente que concuerda con las condiciones genéticas de la roca y su estructura.

Figura 24

Términos descriptivos para estructuras sedimentarias



Nota. Tomado de Laboratorio de sedimentología para geólogos Cruz Guevara, L. E. Caballero, V.M. 2007.

5.2.5. Categoría 5- Rocas ígneas

La colección ígnea comprende el fundamento del ciclo de las rocas, ya que toda roca formada en el planeta proviene inicialmente de la expulsión de material a superficie o de la solidificación y cristalización de ese material bajo tierra.

Esta categoría busca ayudar al estudiante entender la génesis de las rocas ígneas intrusivas, extrusivas y piroclásticas, buscando correlacionar la química de la roca y su contenido mineral a unas condiciones de presión y temperatura específicas, las cuales dan como resultado un tipo de roca con características únicas. Para su clasificación se tomaron como referencia los parámetros de la Guía de laboratorios de Petrología Ígnea de la Escuela de Geología, UIS; utilizando de manera conjunta los diagramas de contenido mineral QAPF de Streckeisen (1979) y las características texturales descritas por Winter (2004) principalmente, junto con diagramas aplicados a rocas de condiciones específicas como los de catalogación de fragmentos piroclásticos de Schmid (1981). Los parámetros de clasificación se describen a continuación:

5.2.5.1. Tipo de roca. Hace referencia a las condiciones de profundidad a las que se forma la roca, variando la velocidad de enfriamiento del material y por ende el tamaño de sus cristales y la presencia de matriz. Se divide en:

- Intrusivas (Bajo la superficie- Enfriamiento lento)
- Subvolcánicas o hipoabisales (Cercanas a la superficie- Enfriamiento medio)
- Extrusivas (Sobre la superficie- Enfriamiento rápido)

5.2.5.2. Clasificación composicional. Refleja el origen del magma parental basándose en la química de la roca y su contenido mineral. Cada tipo de magma se asocia a condiciones y ambientes de formación específicos:

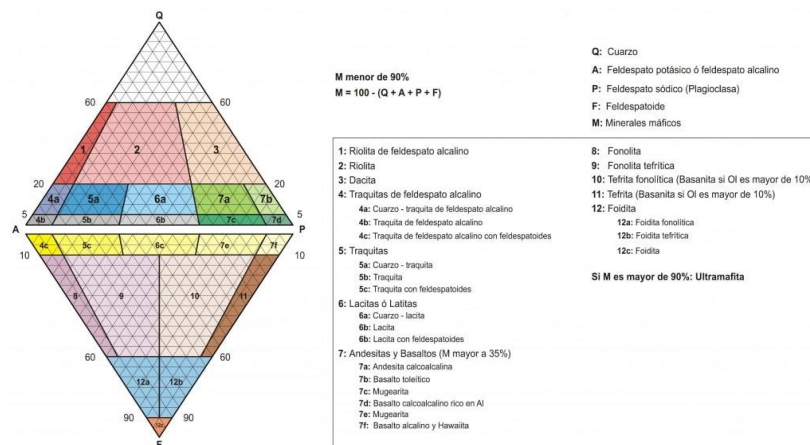
- Rocas máficas: Conocido como magma básico, el material parental proviene principalmente del manto, lo cual se ve reflejado en sus componentes ricos en minerales ferromagnesianos (Fe, Mg, Ca).
- Rocas félsicas: Conocido como magma ácido, el material parental proviene principalmente de la corteza, lo cual se ve reflejado en sus componentes ricos en minerales ricos en silicio como el cuarzo y los feldespatos (Si, Al, K, Na).

5.2.5.3. Composición mineral. A partir de los diagramas de Streckeisen para clasificación de rocas ígneas, se clasifica su composición mineral en cuatro grupos principales excluyendo los minerales máficos (M) (< 90 %) para rocas de composición máfica a félsica:

- Q: Cuarzo
- A: Feldespato alcalino
- P: Feldespato plagioclasa
- F: Feldespatoides

Figura 25

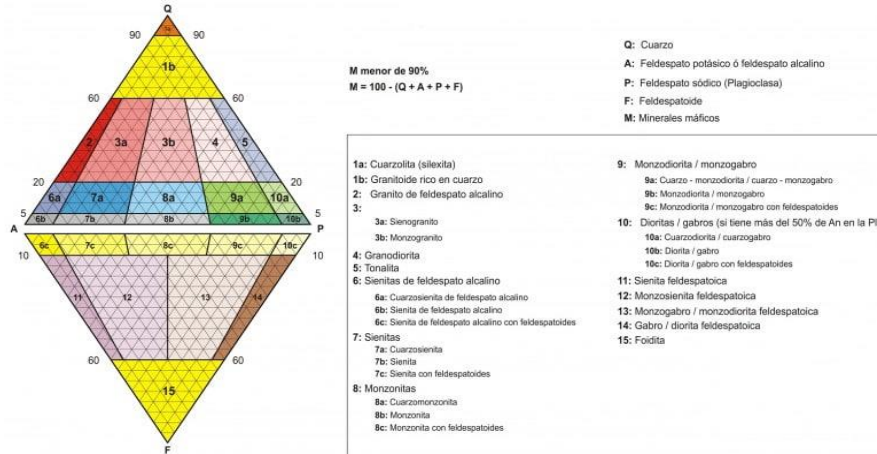
Rocas extrusivas o volcánicas según Le Bas y Streckeisen (1991)



Nota. Modificado por Castro Dorado (1989). En <https://www.explorrock.com/clasificacion-sistemica-de-las-rocas-igneas/>.

Figura 26

Rocas intrusivas o plutónicas según Le Bas y Streckeisen (1991)



Nota. Tomado de Castro Dorado (1989). En <https://www.explorock.com/clasificacion-sistemática-de-las-rocas-igneas/>.

Para las rocas con composición ultramáfica que presentan un contenido de minerales máficos mayor al 90 %, se utiliza el diagrama de esta categoría por Streckeisen (1976) que se divide en:

- Ol: Olivinos
- Px: Piroxenos
- Hbl: Anfíboles variedad hornblenda.

Figura 27

Clasificación de rocas ultramáficas según Streckeisen (1991)



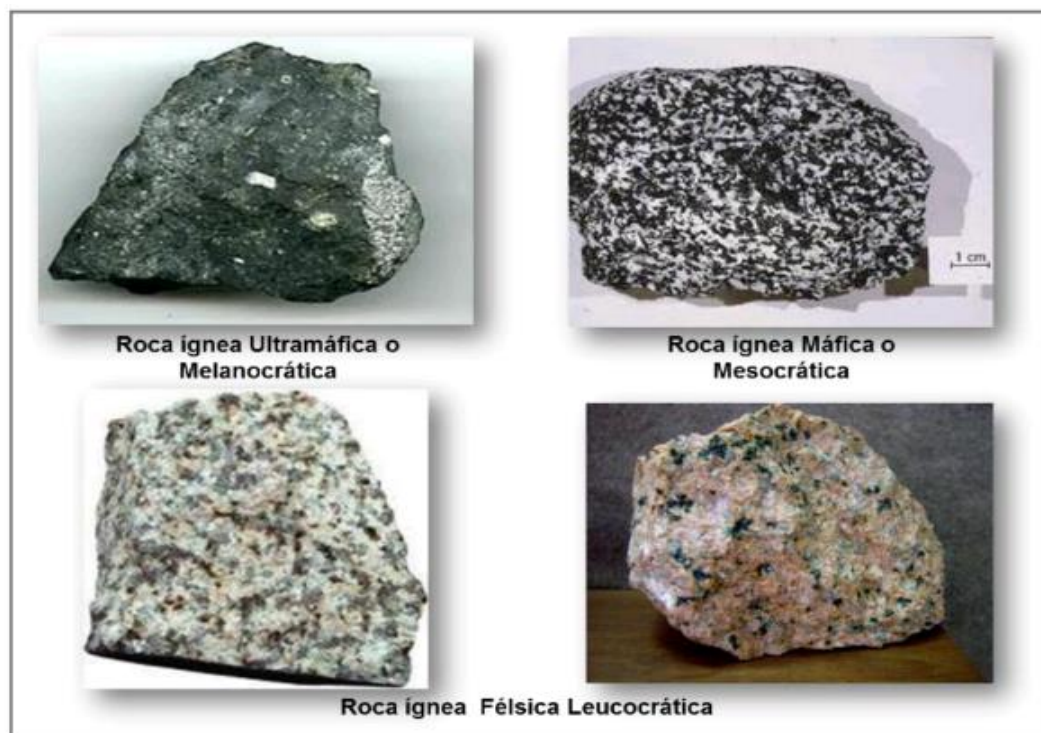
Nota. Triangulación basada en Olivino (Ol), Piroxeno (Px) y Hornblenda (Hb) según Le Bas y Streckeisen (1991). Tomado de Castro Dorado (1989). En <https://www.explorock.com/clasificacion-sistemica-de-las-rocas-igneas/>.

5.2.5.4. Índice de color. Parámetro que permite clasificar la roca a partir del color predominante, considerado como el reflejo de la de los minerales que la componen. Según Streckeisen (1976), Se puede catalogar en:

- Leucocrático (Tonos claros-Minerales félsicos)
- Mesocrático (Proporción intermedia)
- Melanocrático (Tonos oscuros-Minerales máficos)

Figura 28

Rocas ígneas en las que se describe la textura y el tipo de roca



Nota. Tomado de Manual de Laboratorio de Introducción a Las Geociencias. Yudy Estevez Plata.

Escuela de geología UIS.

5.2.5.5. Texturas de cristalinidad. Reflejan la historia de enfriamiento del magma y las condiciones de profundidad a las que se cristaliza, tomando como referencia la velocidad de crecimiento cristalino. Se divide en:

- Holocristalina (Masa compuesta en su totalidad por cristales- Alta profundidad- enfriamiento lento)
- Hipocristalina o hipohialina (Masa e presenta diferentes proporciones de cristales y vidrio- Profundidad intermedia- enfriamiento medio a rápido)
- Holohialina (Masa compuesta en su totalidad por vidrio- En superficie- enfriamiento inmediato)

5.2.5.6. Tamaño de grano. Winter (2001), clasifica la textura de las rocas ígneas holocristalinas a partir del a partir del diámetro promedio de los cristales de la siguiente manera:

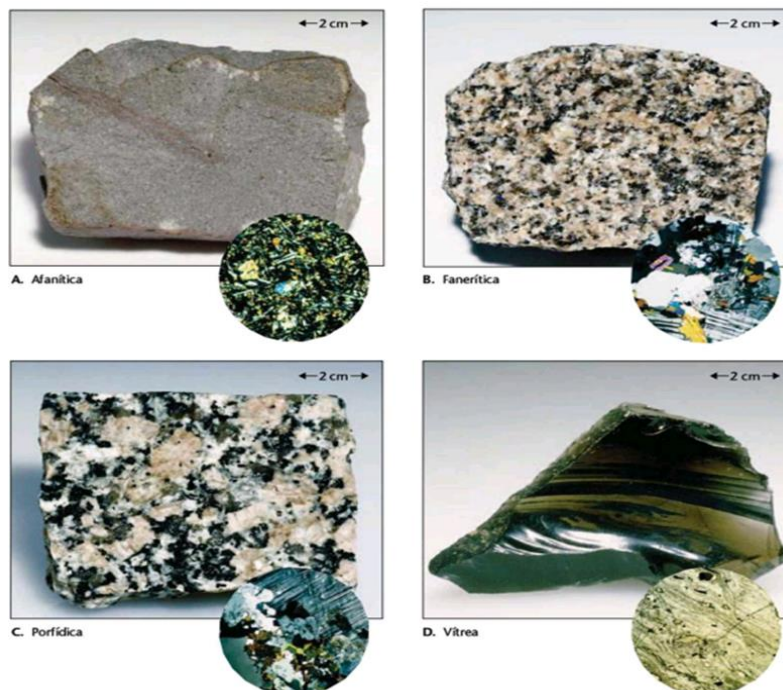
- Grano fino: promedio de diámetro < 1 mm
- Grano medio: promedio de diámetro entre 1-5 mm
- Grano grueso: promedio de diámetro > 5 mm

5.2.5.7. Texturas a partir del tamaño de los cristales. La velocidad de enfriamiento del magma incide directamente en el tamaño de los cristales que se van formando. Una formación lenta conlleva a la formación de cristales grandes visibles en muestra de mano (> 1 mm). Por otra parte, un enfriamiento rápido genera la formación de cristales de menor tamaño que pueden llegar a ser vistos solo con la ayuda de un microscopio formando un aglomerado o matriz. Inclusive, si el enfriamiento es casi instantáneo, los cristales no alcanzan a formarse y se genera una masa vítrea. A partir de los tamaños se pueden clasificar las diferentes texturas:

- Fanerítico (Cristales visibles a nivel macroscópico- enfriamiento lento)
- Porfírica (Cristales gruesos dispersos en una matriz de grano fino – enfriamiento intermedio)
- Afanítico (Cristales microscópicos- enfriamiento rápido)
- Microlítica (Masa de cristales con tamaño < 0.1 mm reconocibles en microscopio – Enfriamiento rápido)
- Criptocristalina (Masa de cristales con tamaño < 0.1 mm no reconocibles en microscopio – Enfriamiento muy rápido)
- Vitrofídica (Masa de vidrio- Enfriamiento instantáneo)

Figura 29

Texturas más comunes en las rocas ígneas



Nota: Tomado y modificado de Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Cientificas, A. T. (2005). Ciencias de la Tierra (Vol. 1). Madrid: Pearson Educación.

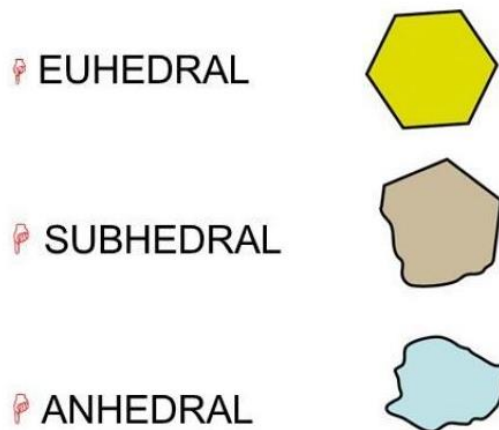
5.2.5.8. Forma de los granos. La velocidad de enfriamiento está directamente relacionada con la formación de compuestos con estructuras cristalinas definidas conocidas como minerales. La formación de sus caras cristalinas depende del tiempo de cristalización.

De esta manera, al observar las caras de los minerales que conforman la roca se puede determinar el tiempo de cristalización, clasificándose en los siguientes grupos:

- Cristales euhedrales (Caras bien definidas- mayor tiempo de cristalización)
- Cristales subhedrales (Solo algunas caras bien definidas- tiempo medio de cristalización)
- Cristales anhedrales (Sin caras definidas- menor tiempo de cristalización)

Figura 30

Forma de los cristales en las rocas ígneas



Nota. Tomado y modificado de

<https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/anhedral/>

5.2.5.9. Texturas a partir de la forma de los granos. Teniendo en cuenta que la cristalización de una roca es homogénea principalmente al estar sometida a las mismas condiciones durante su formación, se pueden identificar patrones que se replican en la roca y forman texturas en base a la forma de sus cristales. Las principales son:

- Panidiomórfica (Presenta en su mayoría cristales euhedrales)
- Hipidiomórfica (Presenta en su mayoría cristales subhedrales)
- Alotriomórfica (Presenta en su mayoría cristales anhedrales)

5.2.5.10. Ambiente asociado. Los parámetros de clasificación basados en la química y aspectos texturales de formación de la roca permiten correlacionarla y limitarla en la mayoría de los casos a ambientes de formación muy específicos, lo cual facilita la comprensión y claridad de los procesos para los estudiantes de la asignatura.

Figura 31*Clasificación composicional y textural de rocas ígneas*

Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica	
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfibol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno	
Minerales accesorios		Anfibol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Anfibol Olivino	Plagioclasa rica en calcio	
TEXTURA	Fanerítica (grano grueso)	Granito	Diorita	Gabro	Peridotita	
	Afanítica (grano fino)	Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (poco común)	
	Porfídica	«Porfídico» precede cualquiera de los nombres anteriores siempre que haya fenocristales apreciables				
	Vítrea	Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)				Poco comunes
	Piroclástica (fragmentaria)	Toba (fragmentos de menos de 2 mm) Brecha volcánica (fragmentos de más de 2 mm)				
Color de la roca (basado en el % de minerales oscuro)		0% a 25%	25% a 45%	45% a 85%	85% a 100%	

Nota: Tomado y modificado de Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Cientificas, A. T. (2005). Ciencias de la Tierra (Vol. 1). Madrid: Pearson Educación.

5.2.6. Categoría 6- Rocas metamórficas

El metamorfismo representa la evidencia de los procesos que afectaron a las rocas de todo el ciclo, posterior a su litificación a lo largo del tiempo, transformando su estructura interna y cambiando la composición mineral de las rocas por variaciones en las condiciones de temperatura y presión.

Con esta categoría se busca dar continuidad y cierre al ciclo de las rocas, brindándole al estudiante un mayor entendimiento de los procesos que llevaron a la formación de este tipo de rocas. Para ello, se tomaron como referencia las principales rocas que comprenden los diferentes tipos de procesos metamórficos que existen, abarcando el metamorfismo a escala local, regional y

planetaria. Para ello se utilizó como referencia el manual de prácticas de petrología metamórfica de García (2007) en conjunto con la nomenclatura de rocas metamórficas de la Subcomisión en Sistemática de Rocas Metamórficas (SCMR) para establecer los siguientes parámetros de clasificación:

5.2.6.1. Textura. Estas rocas son rocas cristalinas, es decir que están constituidas exclusivamente de cristales, generalmente son llamados cristaloblastos, se llama porfiroblastos a los cristales de diámetro de grano sobresaliente con respecto al diámetro de grano de los otros cristales.

5.2.6.1.1. Textura granoblástica. Los minerales de la roca tienen granos de hábito isométrico o equidimensional, pueden ser homeoblásticos o heteroblásticos.

5.2.6.1.2. Textura lepidoblástica. Los minerales de la roca presentan hábito laminar, hojoso. esta textura es común en esquistos moscovíticos, biotíticos y cloríticos.

5.2.6.1.3. Textura nematoblástica. Los minerales de la roca presentan hábitos prismáticos, tabulares cortos. esta textura es característica de esquistos anfibolíticos, anfibolitas.

5.2.6.1.4. Textura porfidoblástica. Es determinada por la presencia de blastos (porfidoblastos) de mayor tamaño que los de la matriz, esta puede ser afanítica o fanerítica y presentar cualquier textura.

5.2.6.1.5. Textura cataclástica. Es característica de las rocas que han sido afectadas por metamorfismo dinámico, por eso muestran evidencia de deformación como lo son: ruptura de minerales, alargamiento y aplanamiento de minerales.

Figura 32

Principales texturas metamórficas



Nota. Las imágenes A, B, C, D son tomadas de <https://diarium.usal.es/rocalbum/textura-2/>
 La imagen E corresponde a una muestra de la colección.

5.2.6.2. Composición mineral. Esta composición es realizada de forma cuantitativa por lo que se refiere al contenido en porcentaje de los minerales de la roca. Para este caso se usará la clasificación de la Subcomisión en Sistemática de las Rocas Metamórficas de la Unión Internacional de Geociencias (siglas en inglés SCMR). De acuerdo con esta clasificación, los minerales según su contenido se dividen en:

- Minerales principales: Son aquellos cuyo contenido es superior al 50% en la roca.
- Minerales mayores: Componen la roca en más del 5%.
- Minerales menores: Su contenido varía entre 1 y 5%.
- Minerales accesorios: El contenido de estos minerales es inferior a 1%.

- **Minerales esenciales:** son aquellos presentes en la roca con unos contenidos mínimos que satisfagan la definición de una roca. La cantidad mínima es dada en la definición de la roca.

5.2.6.3. Protolito. También conocido como roca madre, es el material parental que sufre transformaciones por los procesos metamórficos. Es de vital importancia, ya que aporta información sobre los elementos químicos de la roca original. Al no variar estos elementos mediante su metamorfismo, los minerales formados tendrán como base los elementos provenientes del protolito que puede ser ígneo o sedimentario. Se clasifican en:

- Pelíticas (Rocas sedimentarias clásticas de grano muy fino- Ricas en arcillas y filosilicatos)
- Cuarzoso (Rocas sedimentarias compuestas principalmente por cuarzo)
- Cuarzo feldespático (Rocas sedimentarias clásticas o ígneas con alto contenido de Qz y feldespatos K, NA)
- Carbonatadas (Rocas sedimentarias químicas – Calizas y dolomías)
- Máfico (Rocas ígneas máficas)
- Ultramáfico (Rocas ígneas ultramáficas)

Figura 33*Clasificación de las rocas metamórficas*

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco foliada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerato		De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol	No foliada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomía
Cuarcita		Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Comeana		Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca
Antracita		Fino	Roca negra brillante que puede mostrar fractura concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla		Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

Nota. Por Pearson (2005). Tomado de Capítulo 8. Metamorfismo y rocas metamórficas en <https://slideplayer.es/amp/5422753/>

5.2.6.4. Tipo de metamorfismo. Clasifica los procesos que pueden generar principalmente metamorfismo en una roca. Las diferentes clases de metamorfismo son:

- Regional: Hace referencia a la afectación de un área extensa de roca sometida a condiciones de presión y temperatura específicas. Se relaciona con los procesos tectónicos del planeta que generan esfuerzos de deformación a grandes

profundidades sumado al calor generado por el gradiente geotérmico. Dependiendo el grado de intensidad de los componentes se puede catalogar en bajo-medio-alto.

- De contacto: Se forma a partir de la transmisión de calor a las rocas que colindan a un cuerpo ígneo. formando halos de alteración a medida que se va acercando al intrusivo. Su principal característica es transformar la roca sin llegar a fundirla.

- Dinámico: Es una categoría del metamorfismo a escala local, el cual deforma la roca por procesos estructurales. Dependiendo de la profundidad a la que está sometida la roca cuando sufre los esfuerzos y las propiedades de los materiales se puede clasificar en frágil (fracturación- cercana a superficie- minerales con comportamiento frágil) o dúctil (plegamiento- alta profundidad- minerales con mayor plasticidad)

- Alta presión: Se forma en zonas de muy alta profundidad donde predomina la presión como principal componente de afectación de la roca sobre la temperatura. Su estabilidad es bastante limitada, por lo que se asocian a ambientes con características muy específicas.

- Enterramiento: Tipo de metamorfismo formado por la presión litostática que generan los sedimentos de una cuenca sedimentaria. Aumentando la tasa de subsidencia y las condiciones de presión y de gradiente geotérmico.

- Metasomatismo: Proceso de intercambio químico por la interacción de fluidos. Este proceso cambia la composición mineralógica siempre durante el estado sólido de las rocas.

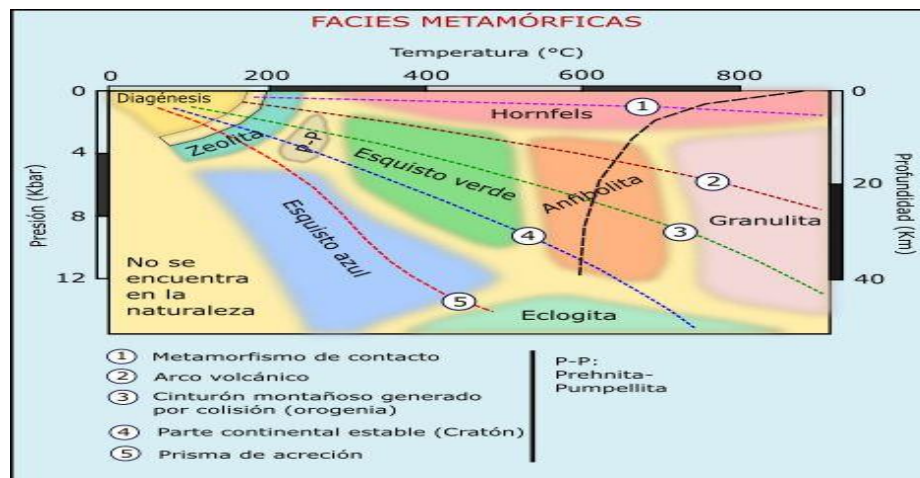
5.2.6.5. Grado de metamorfismo. Cualifica las condiciones relativas del metamorfismo generalmente en términos de temperatura y puede ser subdividido en:

- Muy bajo (entre 100 y 200-250 °C),
- Bajo (entre 200-250 y 400-450 °C),
- Medio (entre 400-450 y 600-650 °C)
- Alto (más de 600-650 °C).

5.2.6.6. Paragénesis mineral. Permite identificar el grupo de minerales que coexisten de manera estable en las diferentes etapas del metamorfismo. Su importancia radica en los minerales indicadores, los cuales se forman a condiciones de presión y temperatura específicas en rangos muy limitados, aportando información de las condiciones a las que se formó la roca.

Figura 34

Facies metamórficas



Nota. Tomado Facies Metamórficas en Geología Web (2022).
<https://geologiaweb.com/rocas/facies-metamorficas>.

5.3. Consideraciones generales

En este componente se clarifican las normativas y limitaciones para el uso del material, junto con aspectos generales de código de conducta.

- El material de la colección en Geología General es propiedad exclusiva de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander.

- El material está adscrito a la asignatura:23051- Introducción a las geociencias, con propósito académico para ser utilizado exclusivamente por el personal docente para afianzar conocimientos teóricos en sesiones prácticas.
- Está prohibida la salida de material perteneciente a la colección de geología general fuera de los laboratorios designados, salvo autorización expresa del personal docente o técnico responsable autorizado.
- Se deben cumplir los estándares del código de conducta establecidos en el manual de laboratorios y litoteca de la Escuela de Geología UIS
- Durante las practicas los estudiantes deberán utilizar los elementos de vestimenta adecuados, tales como: bata de laboratorio, zapatos cerrados, pantalón largo, cabello recogido.
- Realizar higiene de manos antes de ingresar a las prácticas de laboratorio.
- Durante las practicas está prohibido comer, beber, fumar, aplicar cosméticos o manipular lentes de contacto.
- Todo componente de la colección debe mantenerse alejado de materiales no relacionado con este, manteniendo limpios los espacios y libres de fluidos y sustancias que puedan ensuciar o afectar el material de cualquier forma.
- Se debe hacer una revisión al inventario de material geológico al iniciar y finalizar las practicas respectivamente.

5.4. Prestamos

Este componente del manual expone el protocolo de préstamo de material de la colección geológica para uso investigativo o académico por parte del personal de la Escuela de Geología y

sus limitantes, incluyendo los tiempos de préstamo, solicitudes, y penalizaciones por pérdida del material.

- Las muestras de la colección general son de apoyo visual únicamente, lo cual excluye y prohíbe la solicitud de dicho material para laboratorios de análisis de cualquier tipo, incluyendo pulverizar la muestra para análisis químicos, seccionar la muestra para la obtención de muestras de microscopía óptica en sección delgada y cualquier otra que atente contra la conservación de la muestra.
- La colección se guardará bajo llave y será proporcionada a los docentes de la asignatura designada por medio del técnico de laboratorio de turno.
- Los estudiantes o profesores que deseen solicitar el material para uso académico deberán solicitar a la Escuela de Geología por medio del correo secregeo@uis.edu.co con copia al personal técnico encargado: Cesar Enrique Llerena Betancour al correo cllerena@uis.edu.co.
- Se deberá llenar un formato de préstamo de muestras incluyendo el motivo de solicitud y tiempo de duración, incluyendo el tiempo a utilizar, el cual puede tener una duración máxima de una semana.
- Para prestamos de menos de un día, los estudiantes deberán entregar el carnet que los acredita como estudiantes de la escuela de Geología y solicitar de manera simultánea el préstamo de un aula de laboratorio para utilizar el material.
- Teniendo en cuenta que el material geológico de la Escuela de Geología hace parte del patrimonio y riqueza nacional, en caso de extraviar alguna de las muestras se registrará la deuda en el sistema de la Universidad, la cual deberá ser cancelada directamente con el área de liquidaciones.

5.5. Almacenamiento y limpieza

En este componente se describe el protocolo de almacenamiento y limpieza de muestras llevado a cabo a lo largo de este proyecto de investigación para la colección de muestras de geología general. Allí se describen los puntos más relevantes a seguir para almacenar el material de manera óptima, enfatizando en evitar el deterioro de la muestra por factores mecánicos como ruptura de bordes o sobrecarga por apilamiento o de factores químicos como humedad excesiva o uso de sustancias de limpieza que afecten el PH o que sean reactivas en las muestras.

Adicionalmente se plantea el proceso de documentación donde se marcan las muestras según una codificación previamente establecida.

Los puntos de esta categoría son:

- Cada muestra deberá estar debidamente marcada con barniz y tinta china incluyendo los parámetros de codificación CG (Colección general) seguidos de las iniciales de la subdivisión a la cual corresponden (MIN-FSL-SED-IGN-MET-EST).
- Toda muestra de la colección deberá de ser almacenada en canastas plásticas industriales de 52 cm x 35cm x 15 cm.
- Las muestras deben mantenerse de manera individual en bolsas plásticas de alto calibre, adecuadas para conservar las muestras soportando el deterioro por el ambiente y evitando rupturas por los bordes angulosos de las mismas.
- Cada bolsa debe contener su muestra de mano y su ficha técnica que la identifica como parte de la colección general.
- Dependiendo del tamaño de las muestras, cada canasta podrá contener de 10 a 15 piezas.

- Por motivos de conservación, las muestras no podrán apilarse para su almacenamiento.
- Cada caja contendrá una ficha de inventario, la cual permita facilitar la identificación de las muestras, disminuyendo su manipulación.
- Las muestras deberán ser almacenadas en un ambiente seco ventilado y con baja exposición a la luz solar.
- Semestralmente, se deberá hacer la limpieza general de las canastas y bolsas, retirando polvo y material particulado del ambiente por medio de un paño húmedo.
- En caso tal de presentar acumulación de suciedad o material particulado se deberán limpiar las muestras con un cepillo humedecido con cerdas suaves, utilizando agua y un jabón de PH neutro, a excepción de las muestras de cuidados especiales (ver categorías).

5.6. Manipulación de muestras de mano

Esta categoría sintetiza las recomendaciones que deben tener los estudiantes al momento de manipular las muestras de mano durante las prácticas de descripción.

- Las muestras solo pueden ser retiradas de su sitio de almacenamiento para el desarrollo de las prácticas. Una vez cumplan su función, deben ser devueltas a sus bolsas y canastas respectivas acorde con la ubicación de almacenamiento.
- Inspeccionar el estado de las muestras al iniciar con la práctica. Si se detecta alguna condición defectuosa en el material, se deberá informar de manera inmediata al personal técnico o docente encargado.
- Se recomienda mantener las muestras sobre los mesones del laboratorio en todo momento de la práctica, evitando transportarlas, con el fin de evitar accidentes.

- Esta estrictamente prohibido marcar o rayar las muestras.
- Si una muestra tiene partículas disgregadas, los fragmentos deben depositarse en un contenedor de desechos, procurando mantener la muestra libre de material particulado.
- Se prohíbe utilizar cualquier solución química (ácida o básica) sobre la muestra que suponga un peligro para su conservación.

5.7. Categorías de cuidados especiales

La colección en geología general está compuesta por material geológico de interés académico, el cual, al tratar de abarcar las diferentes áreas de la geología, alberga muestras macroscópicas de diferente composición y origen.

Cada muestra es única y presenta condiciones de conservación y cuidados específicos, los cuales pueden ser identificados a partir de la creación de un sistema de símbolos. Estos se encontrarán en las casillas de los formatos de descripción del “Catalogo de muestras de la colección en Geología General” y serán descritos a continuación:

- Cuidados por acción mecánica:

- ◆ : Alta Dureza. No golpear para no desgastar sus bordes y conservar sus propiedades.
 - ◆ : Baja Dureza. La muestra se puede rayar o desgastar con facilidad.
 - ◆ : Baja cementación. Las partículas se disgregan con facilidad por la falta de cohesión y cemento (Solo debe ser manipulada por el docente).
 - ◆ : Grano muy fino (Arcillas). El material arcilloso no se debe limpiar con agua o cepillo, solo con la ayuda de un paño húmedo.
 - ◆ : Alta fracturación. La muestra se parte con facilidad o tiene fracturas preexistentes, (Solo debe ser manipulada por el docente).
 - ◆ : Minerales no cohesivos. Los minerales se desprenden con facilidad. Se debe manipular con precaución.
 - ◆ : Alta fragilidad. La estructura es muy inestable o sensible al tacto (Solo debe ser manipulada por el docente).
 - ◆ : Capacidad de absorción. Estos materiales no se deben limpiar con agua o cepillo, solo con la ayuda de un paño húmedo.
 - ◆ : Cuidado especial. Solo debe ser manipulada por el docente y el encargado de la colección. No debe ser entregada para manipulación directa de los estudiantes.
- Cuidados por acción química:
- ✗ : Soluble en ácidos. No debe aplicarse ninguna solución ácida a la muestra.
 - ✗ : Potencial oxidante. La muestra al contacto con el agua puede aumentar su oxidación. Estos materiales no se deben limpiar con agua o cepillo, solo con la ayuda de un paño húmedo.
 - ✗ : Rica en carbón. La muestra puede manchar superficies y otras muestras. Debe manipularse con cuidado y estar aislada. Estos materiales no se deben limpiar con agua o cepillo, solo con la ayuda de un paño húmedo.

5.8. Metodología de las prácticas de descripción

Este capítulo del manual sintetiza los procesos realizados durante las prácticas de laboratorio para la catalogación de las muestras de la colección general. Esta sección incluye la metodología para descripción, materiales utilizados, correlación de características descritas en diagramas de diferentes fuentes bibliográficas y una etapa de soporte y revisión de los resultados.

Figura 35

Diagrama de fases para las prácticas de descripción



- Fase 1 - Revisión teórica de los parámetros de clasificación a evaluar: Para lograr identificar las características principales en una roca, se debe hacer una revisión del marco teórico, comprendiendo todos los conceptos y parámetros para clasificar el material previo al desarrollo de la práctica.
- Fase 2 - Sesión práctica de observación y análisis de las características físicas de las muestras: Para las prácticas de laboratorio, se colocaron las muestras de manera individual sobre un mesón despejado, retirándolas de sus bolsas de almacenamiento. Se inspeccionan las caras de las rocas, observando las diferentes propiedades físicas de las muestras a nivel macroscópico con la ayuda de lupas monoculares de aumento 20x y una lupa binocular. Para determinación de los

tamaños de grano de las partículas se utilizó una regla, una escala métrica y tablas de granulometría como punto de referencia. Solo durante sesiones autorizadas por el personal técnico y docente calificado, se utilizaron diferentes materiales para comprobar las características de las rocas, como lo fue el caso de una navaja de acero para medir la dureza, ácido clorhídrico en solución al 10% para determinar la presencia de carbonatos reactivos, o el uso de una cerámica porosa para determinar la raya de algunos minerales.

- Fase 3 - Corroboración de resultados obtenidos por medio de la revisión de los diagramas propuestos por diferentes autores: Una vez concluya la práctica, se toma la información obtenida y se compara con diagramas de clasificación propuestos por los autores de su respectiva categoría. De esta forma se clasifican las características basadas en los parámetros propuestos y se consignan en un documento tipo Excel para su posterior revisión.
- Fase 4 - Revisión de los resultados por parte de personal docente capacitado en la rama de estudio: En esta fase se recurre a los profesores que se desempeñan en las áreas de estudio de la geología referentes a cada categoría: Mineralogía clásica, Paleontología, Sedimentología, Estratigrafía, Petrología ígnea y Petrología metamórfica. Todo esto con el fin de hacer una revisión de los datos obtenidos por parte de un profesional en la materia, para minimizar errores y hacer las correcciones pertinentes.
- Fase 5 - Documentación de la información en las bases de datos y codificación de las muestras: Una vez se obtenga el visto bueno por parte del personal capacitado en la revisión de las descripciones, se debe documentar la información en los

formatos de descripciones de la colección geológica en el documento de Excel adjunto en los anexos de este proyecto. Adicionalmente, cada muestra deberá ser debidamente marcada con barniz blanco y tinta china, siguiendo los lineamientos para la generación del código de identificación propuestos.

5.9. Fotografías 2D y programa de fotogrametría 3D

5.9.1. Catálogo de fotos 2D.

Para la elaboración del catálogo de la colección como producto final, se llevó a cabo una sesión fotográfica con el propósito de documentar las imágenes referentes a las 102 muestras contenidas en la colección. Esta sesión se dividió en diferentes fases:

5.9.1.1. Montaje de instrumentos para la sesión. Uno de los preparativos principales para la sesión de las fotografías tanto 2D como en 3D fue el montaje del escenario y la instrumentación, el cual consistía en un juego de luces incluido una pantalla led en vista superior, colocada sobre una caja de luz con fondo blanco elaborada previamente como estudio de fotografía, y un aro de luz en vista frontal para dar iluminación desde los perfiles más importantes. A una distancia de 50 centímetros se colocó un trípode de 1.5 metros de alto, donde se ensambló una cámara profesional inclinada a 45° para dar una sensación de profundidad a la imagen.

5.9.1.2. Toma de fotografías 2D. Cada muestra fue colocada en el fondo de la caja de luces, soportada sobre una cuña de madera para otorgarle profundidad a la fotografía y resaltar la cara principal de la muestra.

Adicionalmente, para el desarrollo de este proyecto se diseñó e imprimió una escala métrica que acompañara a las muestras en el registro fotográfico, la cual incluyera los logos de la escuela y la universidad, nombre de la colección y de la universidad y año de realización. Esta escala se creó con el propósito de otorgar un referente visual en las fotografías con respecto al

tamaño total de la muestra. Su diseño incluye una medición en cuadros individuales de 1 cm, una medición rectangular estándar de 5 cm y una figura representativa de granulometría que incluye la medición de los tamaños de las partículas con su diámetro en centímetros.

5.9.1.3. Edición y retoque digital. Cada fotografía fue retocada de manera digital, ajustando las características de la imagen, mejorando la exposición. Entre ellas se destacan: Brillo, contraste, manejo de sombras, saturación, calidez, nitidez y remoción de ruido.

5.9.1.4. Fotogrametría en 3D. La fotogrametría es la ciencia que estudia la posición de los objetos en el espacio a partir del reconocimiento de sus dimensiones. Su enfoque principal es el de generar modelos en tercera dimensión a partir de la interpolación de varias fotografías. Se puede emplear a gran escala para formar modelos de elevación digital realistas por medio de fotografía aérea o en pequeña escala para crear modelos 3D de un objeto en particular. En este caso, se busca ejecutar un proyecto piloto propuesto por la escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, cuyo objetivo es la creación de modelos 3D de material geológico en muestras de mano, en pro de la conservación de patrimonio geológico por medio de la aplicación de nuevas tecnologías en formatos digitales y para ser incorporado como material innovador para la academia y pedagogía.

5.9.1.5. Toma de fotografías 3D. La primera etapa de este proyecto consiste en generar una base de datos que sirva como punto de partida para la elaboración de los modelos 3D. Para este proyecto se colocaron diez muestras de modo individual dentro de una caja de luz para estudios fotográficos, cada muestra fue ubicada sobre una platina giratoria.

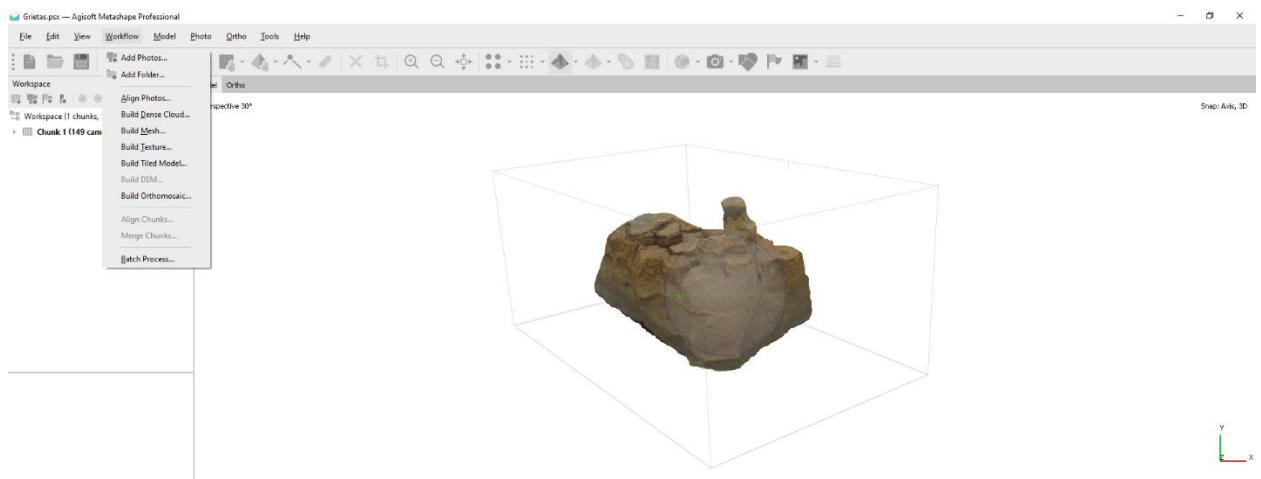
Para obtener los puntos de amarre de las imágenes, se tomaron las fotografías desde dos perfiles diferentes. Inicialmente se utiliza el perfil frontal, oprimiendo el disparador mientras se gira la platina cada 5°, dando vuelta a toda la muestra sin mover la cámara. Esto permite que se

genere una reducción en el ruido al utilizar la misma posición para todas las caras de la muestra con un conteo total de 72 fotografías. Posteriormente, se repite el proceso elevando la cámara sobre la muestra e inclinando el trípode, para obtener una fotografía en perfil oblicuo que permita captar las características más importantes del perfil superior y algunos puntos del perfil frontal. Dando así un resultado de 144 fotografías por muestra.

5.9.1.6. Creación de modelos 3D. Para elaborar los modelos 3D de las muestras de mano fue utilizado el software Agisoft Metashape, el cual permite organizar la metodología de creación a través de un flujo de trabajo sencillo.

Figura 36

Modelo 3D en el programa Agisoft Metashape



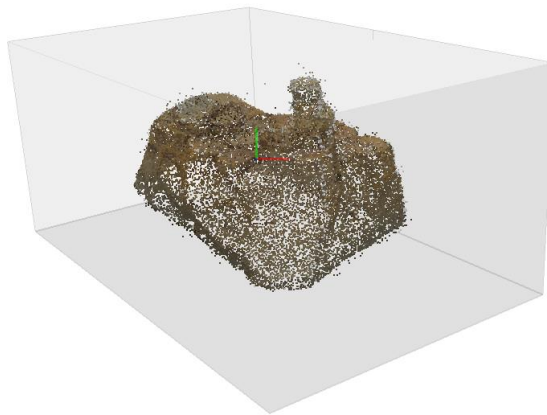
El primer paso consiste en adjuntar al aplicativo, el grupo de cámaras o “chunk” a trabajar. En este caso consiste en la carpeta de las 144 fotografías tomadas para cada muestra.

El segundo paso consiste en alinear las fotos, el cual genera una malla de puntos separados en el espacio a partir del reconocimiento de puntos comunes a partir de las

fotografías. En este punto cada fotografía se utiliza automáticamente para empalmar con la otra y formar un objeto tridimensional.

Figura 37

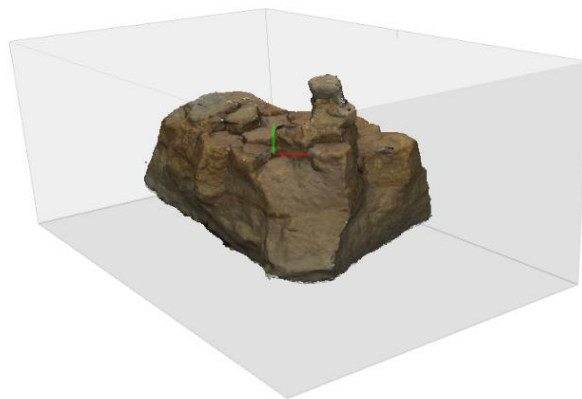
Malla de puntos a partir de la alineación de caras



El tercer paso se basa en crear una nube densa de puntos, aumentando la cantidad de puntos a profundidad para rellenar la malla inicia.

Figura 38

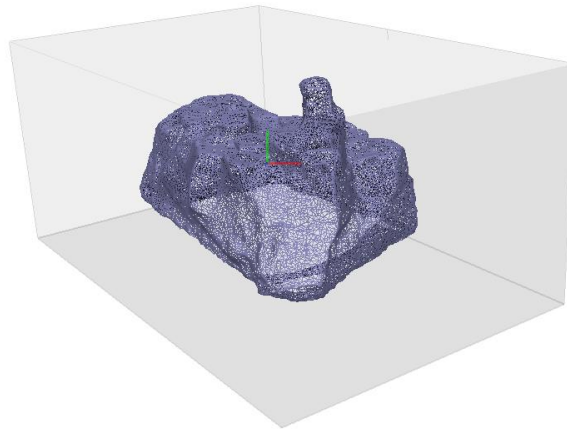
Nube densa de puntos a partir del comando "Build dense cloud"



El cuarto paso consiste en crear el modelo a partir de una malla que enlace la nube densa de puntos y rellene los vacíos en el espacio para generar una superficie.

Figura 39

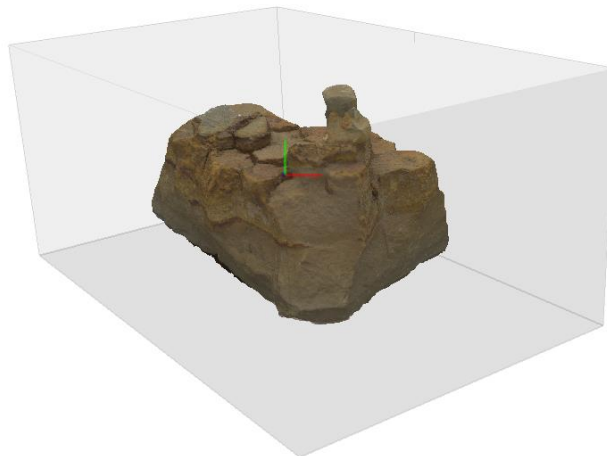
Interconexión de puntos a partir de una malla



Por último, el quinto paso consiste en construir la textura, para darle realismo al modelo utilizando las fotografías como recubrimiento de este.

Figura 40

Modelo con textura realista



Cabe aclarar que cada paso se desarrolla de manera automática al activar una serie de comandos en el flujo de trabajo, lo cual hace de esta interfaz una herramienta de fácil acceso y manipulación.

6. Protocolo de selección e ingreso de nuevo material a la colección general

Este último apartado busca permitir tanto al cuerpo docente como al estudiantado reconocer cuales son las consideraciones por tener cuando se desee ingresar nuevo material a la colección con el propósito de expandirla. A continuación, se describen los parámetros a considerar:

6.1. Representatividad

Toda muestra que se desee añadir a la colección en geología general debe considerarse como material representativo de los principales procesos geológicos que afectan el planeta, destacando procesos que no reflejen alta complejidad o que tengan como requisito un conocimiento preexistente en la materia. Este factor también radica en considerar el usuario al que está encaminada la colección, como lo son los estudiantes de primer semestre que estén cursando actualmente la asignatura introducción a las geociencias. Por ende, cada muestra debe ir encaminada a reforzar y aclarar conceptos impartidos en el aula de clases, generando una base de conocimientos generales que utilizaran a lo largo de su carrera.

6.2. Estado de conservación

Considerando que las muestras de la colección no son de exhibición, sino de uso práctico, se deben seleccionar solo las muestras que reflejen un grado de conservación lo suficientemente alto para ser manipuladas por los estudiantes.

6.3 Exclusividad

El material que pertenezca a la colección general es exclusivo de uso académico como material de apoyo para las prácticas de laboratorio de la asignatura de Introducción a geociencias.

Por ende, no puede pertenecer a un proyecto investigativo abierto ni ser utilizado para análisis petrográficos que involucren la destrucción o alteración de la muestra de algún modo.

6.4. Variedad

El material que sea seleccionado para formar parte de la colección general debe de ostentar características diferentes, buscando complementar cada categoría con la inclusión de nuevos procesos y especímenes que aporten un conocimiento fundamental del aula de clase, a excepción del material clasificado como suministro o material de soporte.

6.5 Suministros

Se considerará como suministro o material de soporte toda muestra que contenga la misma clasificación y características generales de las muestras ya contenidas en la colección. Estas muestras se utilizarán para aumentar el inventario del material de las prácticas de laboratorio, teniendo en consideración que un solo espécimen es insuficiente para un grupo mayor a cinco personas. Por lo tanto, se recomienda almacenar un máximo de cuatro muestras de suministro por clasificación para grupos compuestos por un promedio de veinte estudiantes.

6.6. Almacenamiento

Todo material nuevo debe ingresar a la colección utilizando los protocolos descritos en el Manual de gestión de la colección en Geología General. Las muestras retomaran la codificación establecida con su numeración respectiva. Para esta nueva sección que busca expandir el contenido de la colección, se añade la instrucción que el material de suministro contará con una S antes de la numeración, dando como resultado el código CG -(Acrónimo por categoría)- S-(Número) como, por ejemplo: CG-MIN-S-01. Cabe aclarar que todo el inventario de suministro se contará aparte del inventario principal de la colección.

7. Conclusiones

- Se logró recuperar una gran cantidad del patrimonio geológico contenido en la Litoteca a partir de la consolidación de una colección de muestras de mano enfocada en geología general.
- Se organizó el material de la colección a partir de la elaboración de un catálogo con información y registro fotográfico convencional de las muestras, resaltando las características más representativas a partir del establecimiento de parámetros de clasificación.
- Se desarrolló un sistema de organización de la información a partir de la creación de un manual propio de gestión de la colección, tomando como referencia las guías sobre gestión y curación preexistentes.
- Se estableció la metodología para la consolidación de una colección geológica, como referente para el cuerpo universitario que desee expandir la colección o como fundamento para futuros proyectos.
- El proyecto de fotogrametría evidenció que el uso de softwares de modelado 3D es una herramienta de gran interés para la conservación de patrimonio geológico y su uso en la academia.

8. Recomendaciones

- Realizar una segunda sesión de selección y clasificación de material para complementar la colección.
- Desarrollar proyectos de mejora de la infraestructura para el almacenamiento de material geológico que cumpla con los estándares mínimos de calidad de los estándares internacionales de conservación y curaduría.

- Incentivar la generación de otros proyectos de investigación similares para las diferentes ramas de estudio de la geología como material complementario de diversas asignaturas.
- Invertir en la construcción de un espacio destinado a los estudios fotográficos para la documentación de material geológico.
- Profundizar en el desarrollo del proyecto piloto de fotogrametría, y en la búsqueda de proyectos que enlacen la geología con nuevas tecnologías.

Referencias Bibliográficas

- Agencia nacional de hidrocarburos . (2022). ANH. Obtenido de ¿Qué es la Litoteca?: <https://www.anh.gov.co/Banco%20de%20informacion%20petrolera/Litoteca/Paginas/Qu%C3%A9-es.aspx>
- Ardila, I. F., Ríos Reyes, C. A., Vargas, C. E., & Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Tesis. (2014). Implementación formal de un modelo sistemático, acondicionamiento de la infraestructura, gestión y organización del material geológico depositado en la Litoteca de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander pasantía en el grupo de investigación. UIS.
- Ayala, L. (2022). *Explorock*. Obtenido de Clasificación sistemática de las rocas ígneas: <https://www.explorock.com/clasificacion-sistematica-de-las-rocas-igneas/>
- Carrillo, L., & Gisbert, J. (1990). Reconocimiento de rocas y procesos geológicos en la ciudad. creación de una Litoteca de aula. *Investigación en la Escuela*, (10), 103-104.
- Cruz-Guevara, L. E., Caballero, V. M. (2007). *Manual de Sedimentología para geólogos*. Universidad Industrial de Santander (UIS).
- Diccionario geotecnia. (2021). *Anhedral*. Obtenido de <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/anhedral/>
- Esparza Gómez, E. K., Cortes, S. A., Ríos Reyes, C. A., & Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Tesis. (2012). Diseño conceptual de un modelo de datos y adecuación de la instalación para la organización y gestión de la Litoteca y colecciones geológicas de la Escuela de Geología [recurso electrónico]. UIS.
- Estevez, Y. (2022). *Manual de Laboratorio de Introducción a las Geociencias*. Escuela de Geología, UIS.

Fernández, E. (2014). Geología I. En *Tema 8. Metamorfismo y rocas metamórficas*.

Folk, R. L. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, United States: Hemphill Publishing Co.

García, C.A. (2007). *Manual de prácticas de petrología metamórfica*, Escuela de Geología, UIS.

Gelves, G. (2021). Universidad de Pamplona - La única litoteca de Norte de Santander se encuentra en la Universidad de Pamplona.
https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_1/recursos/noticias_2021/octubre/06102021/litoteca_unipamplona.jsp

Goyzueta, S., & Juli, C. (2016). La litoteca del INGEMMET herramienta potencial en la investigación geológica y la exploración.

Klein, C., & Hurlbut, C. (1996). *Manual de mineralogía de Dana*. Reverte SA, 2

Lopez, E. (2017). *La Química en la Ingeniería Industrial*. Obtenido de Concepto y caracterización de sistemas cristalinos:
<http://quimicaeningenieriaindustrialitssat.blogspot.com/2017/10/215-concepto-y-caracterizacion-de.html>

Maldonado, Y. (2022). *Geología Web*. Obtenido de Facies metamórficas:
<https://geologiaweb.com/rocas/facies-metamorficas/>

Mantilla, L.C. (2008). *Guía de laboratorio de petrología ígnea*, Escuela de Geología, UIS.

Pellant, C., & Pellant, H. (1993). *Manuales de identificación: rocas y minerales* (no. qe4312. p44 1992.).

Perea, D. (2018). *Fundamentos de paleontología*. Comisión Sectorial de Enseñanza.

- Plazas Torres, D. A., Gelvez Cortes, S. A., & González Mora, D. A. (2014). Diseño e implementación de un sistema de información, que apoye los procesos y actividades de la Litoteca y colecciones geológicas de la Escuela de Geología [recurso electrónico]. UIS.
- Ponce, J. J., Carmona, N. B., & Montagna, A. O. (2018). Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas: descripción, análisis e interpretación a partir de afloramientos, testigos corona y registro de imágenes de pozo.
- Perea, D. (2018). *Fundamentos de paleontología*. Comisión Sectorial de Enseñanza.
- Raup, D. (1978). *Principles of Paleontology*. W. H. Freeman.
- Stockholm Precision Tools. (2022). *Stockholm Precision Tools*. Obtenido de Escala de Mohs: <https://sptab.com/es/escala-de-mohs-dureza-minerales/>
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth-science reviews*, 12(1), 1-33.
- Tarback, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Cientficias, A. T. (2005). *Ciencias de la Tierra* (Vol. 1). Madrid: Pearson Educación.
- Terraza, R., 2009. Conceptos básicos para la implementación de depósitos recientes de origen sedimentario.
- Universidad de Alicante. (2020). *Universidad de Alicante*. Obtenido de Propiedades minerales: <https://web.ua.es/es/lpa/minerales-visu/propiedades/propiedades.html>
- Universidad de Salamanca. (2022). *Diarium*. Obtenido de Texturas Rocas Metamórficas: <https://diarium.usal.es/rocalbum/textura-2/>
- Vargas Morantes, J. P., Ríos Reyes, C. A., Gelvez, S., & Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Tesis. (2014). Definición de parámetros para la descripción de materiales geológicos para la creación de una base de datos de la Litoteca de la Escuela de Geología [recurso electrónico]. UIS.