

Organización y gestión de la Colección de Rocas Ígneas de la Escuela de Geología de la
Universidad Industrial de Santander

Elías Jorge González Yunez, Paula Fernanda Salcedo Martínez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geólogo

Director

Edith Katherine Jerez Heredia

Geóloga Msc.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2023

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	8
1. Objetivos	9
1.1 Objetivo General	9
1.2 Objetivos Específicos.....	9
2. Justificación	10
3. Estado del arte.....	10
4. Gobernanza y manejo de la colección	13
5. Préstamos	13
6. Adquisición.....	14
7. Gestión y documentación.....	15
8. Nomenclatura y clasificación.....	16
8.1 Rocas ígneas intrusivas (RI-I).....	17
8.2 Rocas ígneas extrusivas (RI-E).....	18
8.3 Rocas ígneas subvolcánicas (RI-SV).....	19
8.4 Rocas ígneas piroclásticas (RI-P)	20
8.5 Rocas ígneas que hayan sido pulidas (RI-PU).....	21
8.6 Rocas ígneas ultramáficas (RI-UM)	21
9. Organización y descripción.....	22
10. Modelado 3D	26
11. Conservación.....	28
12. Exposición.....	29

ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE LA COLECCIÓN DE ROCAS ÍGNEAS

		3
13.	Decesión.....	30
14.	Acceso.....	31
15.	Conclusiones.....	32
16.	Recomendaciones	33
	Referencias Bibliográficas	35

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Diagrama QAPF para rocas intrusivas de Streckeisen (1978). Tomado de Le Maitre (2002)</i>	18
Figura 2 <i>Diagrama QAPF para rocas extrusivas. Tomado de Streckeisen (1978)</i>	19
Figura 3 <i>Clasificación de rocas piroclásticas basada en las proporciones de bloques/bombas, lapilli y ceniza. Tomado de Fisher (1966)</i>	21
Figura 4 <i>Clasificación de rocas ultramáficas basada en las proporciones de olivino (Ol), ortopiroxeno (Opx), clinopiroxeno (Cpx), piroxeno (Px) y hornblenda (Hbl). Tomado de Fisher (1966)</i>	22
Figura 5 <i>Ejemplo formato de descripción de muestras de mano</i>	23
Figura 6 <i>Ejemplo formato ampliado de descripción de muestras de mano y en añadidura, la descripción en lámina delgada</i>	24
Figura 7 <i>Fotografías de muestras seleccionadas para modelos 3D</i>	27
Figura 8 <i>Interfaz de la web de eyesCloud3D en el proceso de carga de imágenes para posterior generación del modelo. Edición y pulido del modelo 3D en el software</i>	27

Lista de Apéndices

Apéndice A. *Formato para préstamos*

Apéndice B. *Base de datos en Excel con muestras de la asignatura Petrología Ígnea*

Apéndice C. *Formato para descripción de muestras de mano*

Apéndice D. *Formato para descripción de muestras de mano, lámina delgada y modelo 3D*

Apéndice E. *Guía didáctica de la organización y gestión de rocas ígneas*

Apéndice F. *Catálogo de la colección de rocas ígneas de la Escuela de Geología*

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 rocas ígneas de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander*

Autor: Elías Jorge González Yunez, Paula Fernanda Salcedo Martínez**

Palabras Clave: Colección geológica, rocas ígneas, catálogo, modelos 3D

Descripción: Este documento busca ser guía para estudiantes y docentes de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander en cuanto a políticas para la gestión, documentación, organización, conservación y exposición de las muestras existentes o que deseen incluirse en esta nueva colección ígnea. La colección pretende ser un repositorio científico para preservar la información y los especímenes presentes con el objetivo de promover el entendimiento de las geociencias a través de un medio visual de fácil acceso (tanto digital como físico) con fines educativos, acercando a sus participantes a un mayor entendimiento de los procesos naturales de la Tierra, en este caso, más específicamente a las rocas ígneas.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Edith Katherine Jerez Heredia. Geóloga MSc.

Abstract

Title: Organization and management of the igneous rocks collection of the School of Geology of the Industrial University of Santander*

Author(s): Elías Jorge González Yunez, Paula Fernanda Salcedo Martínez**

Key Words: Geological collection, igneous rocks, catalogue, 3D models

Description: This document aims to be a guide for students and teachers from the Geology School of the Industrial University of Santander in regards of politics for documentation, organization, conservation, and exposition of rock samples belonging or planning to be included in this new igneous rocks collection. The purpose of this collection is to be a scientific repository for preserving information and the samples included in it with the main goal of promoting geosciences understandings through an easily accessible visual medium (digitally and physically) with educational purposes, approaching to its participants to a better understanding of the natural processes of the Earth, in this case specifically: igneous rocks.

* Degree Work

** Industrial University of Santander. Faculty of Physicochemical Engineering. School of Geology. Directed by Edith Katherine Jerez Heredia. MSc. Geologist.

Introducción

Partiendo de la necesidad de depurar muestras y material geológico valioso que estaba almacenado sin propósito fijo en la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, y de la falta de material presentes en colecciones separadas de asignaturas y de uso libre que sirvan como apoyo para los conocimientos prácticos de estudiantes y docentes en la Escuela, se propone una colección de rocas ígneas presente en la Universidad, con una mayor organización y clasificación acorde al marco de la acreditación ABET, y resaltando la importancia del acompañamiento del material práctico para el futuro geólogo reforzando procesos de estudio y, a su vez, realizando un trabajo de biblioteca tanto física como virtual, con unas políticas de manejo y gestión claras que aseguren la continua renovación y permanencia de esta colección, perfeccionando estándares de calidad y procesos formativos dentro del programa académico de la carrera.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Establecer y desarrollar una política de gestión para la colección de rocas ígneas de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander que asigne procesos guía para la organización, gestión, conservación, documentación, y enseñanza de 50 muestras de roca como material de apoyo a las prácticas de esta asignatura.

1.2 Objetivos Específicos

Seleccionar de las 190 muestras de roca existentes en la colección actual de rocas ígneas, las 50 muestras macroscópicas que integrarán la colección inicial organizada y digitalizada a desarrollar en este proyecto.

Clasificar y organizar en un catálogo fotográfico, las 50 muestras de mano que integrarán la colección macroscópica.

Seleccionar y elaborar fotomosaicos para visualización 3D de 10 muestras macroscópicas.

Seleccionar 10 secciones delgadas para analizar petrográficamente

Establecer criterios para el manejo de los elementos pertenecientes a la colección con el fin de garantizar su preservación en el tiempo.

2. Justificación

En la Escuela de Geología de la Universidad de Santander, existe actualmente una colección de rocas ígneas empleada como material de apoyo de la asignatura Petrología ígnea. Esta colección presenta diversidad de rocas que requieren una mayor organización y clasificación acorde a las directrices dentro del marco de la acreditación ABET, mejorando los estándares de calidad y procesos formativos dentro del programa académico de la carrera.

Las colecciones geológicas se consideran esenciales para los conocimientos prácticos del futuro geólogo, deben organizarse de manera que sean fácilmente accesibles, y que logren crecer y evolucionar con el tiempo, permitiendo que el estudiante y el docente cuenten con material de apoyo útil, organizado y con información confiable. Este proyecto pretende reforzar el proceso práctico de la asignatura tanto de manera física, interactuando directamente con la muestra y a su vez innovando mediante material de apoyo que pueda consultarse en modalidad remota, necesidad acrecentada en tiempos de pandemia por COVID-19. Las actividades se desarrollarán siguiendo cuatro aspectos fundamentales: Gestión y documentación, organización y clasificación, conservación y exposición.

3. Estado del arte

Para asegurar el correcto desarrollo del proyecto, en primera instancia y, siendo de gran importancia se encuentra la consulta de información correspondiente al manejo de materiales geológicos con el fin de tomar como referencia estudios previos, proponer, mejorar algunos

procesos y marcar la diferencia con la implementación de protocolo para manejo de muestras que garantice el éxito de la colección de rocas ígneas.

Las muestras de rocas ígneas seleccionadas para esta colección representan un patrimonio geológico, al poseer un interés científico y didáctico intrínseco que necesita ser protegido y tratado correctamente. Su importancia es vital en el marco geológico para comprender el contexto del territorio nacional, la dinámica geológica y los procesos ocurridos que dieron como resultado la formación de las rocas que se van a presentar, conectándose con la evolución de la Tierra y de los paisajes, las geoformas y los ambientes actuales y antiguos (SGC, 2015).

Con la preocupación por la falta de discusión y ausencia de parámetros para la preservación de colecciones geológicas, Baars & Horak (2018) presentan una agenda de investigación tocando temas como condiciones ambientales y calidad del aire, requisitos de ventilación, estrategias de conservación, pero insisten en que aunque existen algunas recomendaciones para el almacenamiento de muchos tipos de colecciones culturales, por ejemplo, en las colecciones de archivo, no existe un estándar internacional aceptado para el cuidado de las colecciones geológicas. Iniciativas como las de la Comisión de Museos y Galerías del Reino Unido (MGC, 1993) o la Institución Británica de Normas (BSI, 2012) que presenta especificaciones de condiciones ambientales y es considerada por los autores como la guía de cuidado de colecciones más completa para el sector de los museos.

En el ámbito nacional, se ha reflejado la misma preocupación, principalmente en las instituciones educativas. Tal es el caso de la Universidad Industrial de Santander, que con la creación del Museo Geológico “Marino Arce Herrera” (Ríos, 1999) recordó la necesidad de reestructurar las colecciones de materiales, buscando que estos espacios generaran un estímulo y atrajeran el interés de visitantes, inmersos en un contexto principalmente educativo. Con la

promulgación del Decreto 1353 de 2018 que tuvo como objeto “establecer el sistema de gestión integral que permita la identificación, protección, conservación, rehabilitación y la transmisión a las futuras generaciones del patrimonio geológico y paleontológico de la Nación”, iniciativas como la del Museo Marino Arce Herrera se multiplicaron en el país y se hizo posible incluso la creación de un directorio de museos y colecciones geológicas y paleontológicas – Grupo Museo Geológico e Investigaciones Asociadas (SGC, 2020) que puede consultarse en el Portal del Servicio Geológico Colombiano. Dentro de ellos se destacan, siendo de interés para el presente proyecto: Museo Geológico Nacional, Museo de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, Colección de rocas y minerales de la Universidad EAFIT en Antioquia. En Bogotá el Museo Geológico Nacional y la Colección de Geociencias de la Universidad de los Andes. La Colección geológica y paleontológica de la Universidad del Valle, el Museo Geológico Nacional en el mismo departamento. A la fecha se registran para el departamento de Santander: Colección Paleontológica Universidad de Santander UDES-PAL, Muestra paleontológica itinerante Colegio Santa Ana de Flores (Simacota) y la Colección antropología y geología Universidad Industrial de Santander, Sede Socorro.

De manera complementaria, la incorporación de las TIC en la educación ha representado ese impulso en el proceso de enseñanza que ha beneficiado tanto a docentes como estudiantes. Carvajal et al. (2018) resaltó la importancia de las TIC en la educación universitaria, reconociéndose como herramientas indispensables en las nuevas prácticas docentes que ofrecen resultados favorables al incrementar y mantener vigente la motivación por parte de estudiantes lo que equivale a un mejor aprendizaje. En este mismo año, Ortiz et al. (2018), muestra gráficamente la comparación en las calificaciones en asignaturas como geología y, estratigrafía y geomorfología de la Universidad Politécnica de Madrid antes y después de que se implementara lo que él

denomina una “innovación educativa en la enseñanza de la geología mediante nuevas tecnologías”. Estos, entre muchos otros estudios han estimulado la idea de incluir herramientas tecnológicas para el desarrollo del presente proyecto que se detallarán más adelante y que quedarán a disposición de los estudiantes.

4. Gobernanza y manejo de la colección

La colección de rocas ígneas forma parte de las colecciones geológicas de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander. Todas las muestras incluidas allí son propiedad de la ya mencionada Escuela. Estas políticas de manejo de la colección serán publicadas y revisadas al menos una vez cada cuatro (4) años, logrando así integrar nuevas muestras a la colección, modificar los inventarios y revisar los estados de marcación o en su defecto, dar de baja aquellos especímenes que se hayan deteriorado. Además de esto, la Escuela debe asignar un responsable de la colección cada 6 meses, que se encargue de verificar constantemente el buen uso y manejo de la colección, para que cualquier cambio sea notificado en tiempo real.

5. Préstamos

Toda solicitud de préstamos será analizada, sin embargo, todo el material presente en la colección generalmente debería estar disponible para préstamos y usos como material didáctico en clases de mineralogía y petrología. Las muestras que sean prestadas deben ser acordes al propósito del préstamo, especificando el responsable, fechas de devolución y quién autoriza dicha entrega (usualmente el encargado en ese momento). Debe tenerse en cuenta que especímenes de gran

importancia científica no deben ser entregados por propósitos triviales o no estén disponibles en calidad de préstamo, de acuerdo con las políticas institucionales.

Cada solicitud de préstamo debe incluir una especificación escrita en cuanto a las políticas y condiciones de la cesión, asegurándose de que el material esté empacado y cuidado velando por la seguridad de este, diligenciando la ficha para préstamos (ver Anexo A). Los museos que deseen hacer una solicitud de préstamo deben entregar un registro de los solicitantes tanto individual como institucionalmente, a los cuales se les puede solicitar referencias; determinando que la responsabilidad de este préstamo recaerá sobre la institución y los individuos, representados por un individuo específico. De igual manera, es menester velar por la continuidad de la colección y asegurar su preservación, por tanto, toda solicitud de muestras expuestas que sean el único ejemplar representativo de sus propiedades y características será rechazada.

6. Adquisición

Las diferentes formas de entrada en una colección son: donaciones, depósitos, intercambios, compras y colecta de muestras en salidas de campo. Según sean sus condiciones de acceso existen diferentes procedimientos de gestión a seguir.

En muchos casos, se admiten donaciones y legados, por la mala imagen que puede dar un centro en expansión con su rechazo, o bien por la creencia de que esta aceptación puede llevar a otras más significativas. Desde un punto de vista ético, sólo se deben aceptar donaciones y legados cuando los ejemplares ofertados tengan un manifiesto interés. Desde un punto de vista práctico, hay que tener en cuenta los problemas de almacenamiento y mantenimiento que puede causar material que no tiene una utilización inmediata (Sanchíz & Rodríguez, 1994).

En cuanto al momento de realizar la recolección de muestras en salidas de campo, se recomienda tener presente el principio de geoconservación dentro de los deberes de los geólogos relacionados con la geoética (Santano, 2011). Se tomarán muestras de roca en tamaño y cantidad estrictamente necesario, adjuntando la información correspondiente como datos de ubicación. Los estudiantes de la universidad interesados en ampliar la colección podrán proponer las muestras que consideren pertinentes para ser incluidas y será imprescindible la previa aprobación del docente encargado.

Para considerar todas las peticiones se tendrán en cuenta aspectos como:

Estado de conservación de la muestra: No se incluirán muestras que presenten grado medio o alto de alteración a menos que se trate de una muestra representativa.

Exclusividad de la muestra: El tipo de roca que pretenda incluirse no puede repetirse en la colección ya existente. Llegado el caso que se trate de una muestra en mejor estado, se considerará incluirla, pero se recomienda excluir la muestra inicial si no presenta características especiales diferentes.

Representatividad: Se proyecta incluir muestras de todos los tipos de roca que se encuentran en los diagramas triangulares de la IUGS.

Información anexa de la muestra: descripción de la muestra, minerales presentes, nombre de la roca, ubicación (importante pero no estrictamente necesario conocer este origen).

7. Gestión y documentación

Las muestras que se encuentran dispuestas para la enseñanza de la asignatura Petrología ígnea se encuentran enlistadas en un archivo Excel (Anexo B) que incluye el tipo de roca, el

número de la muestra y la clasificación de algunas de ellas. Si bien estas muestras no se consideran parte de la colección descrita en esta guía, pueden ser incorporadas en un futuro cercano al ya poseer información presente en ellas que es necesaria para conseguir este fin, sin embargo, es primordial la conformidad con los aspectos mencionados en el apartado de adquisición. Si por algún motivo estas muestras no se encuentran físicamente en posesión de la Escuela de Geología o no cumplen los requisitos para ser adjuntadas a la colección, se eliminarán de esta base de datos.

Para la colección inicial se incluyen 50 muestras de mano en total, de las cuales 10 cuentan con su respectiva muestra en lámina delgada y modelo 3D. Esta información se presenta en un catálogo tanto de forma física como digital. Además de esto, cada modelo 3D posee adjunto un código QR escaneable para que los individuos interesados en guardar un enlace a cada modelo puedan conservarlos en sus dispositivos. Este catálogo digital se podrá acceder desde la página web <https://rocasigneasuis.wixsite.com/coleccion> que expone la información correspondiente a cada muestra, solicitando el acceso para su edición al encargado de la colección.

8. Nomenclatura y clasificación

La clasificación de las muestras seguirá las políticas de clasificación de la IUGS descritas por Le Bas & Streckeisen (1991), donde el sistema requiere la determinación cuantitativa de los minerales componentes y su proyección en un diagrama triangular particular, lo que permite establecer el nombre de la roca. Los parámetros usados en dichos diagramas se especifican a continuación: **Q**: Cuarzo, tridimita, cristobalita; **A**: Feldespato alcalino (ortoclasa, microclina, pertita, anortoclasa, sanidina); **P**: Plagioclasa y escapolita; **F**: Feldespatoides; y **M**: Minerales máficos y afines (mica, anfíbol, piroxeno, olivino, minerales opacos, entre otros).

Las muestras serán rotuladas con base en la siguiente clasificación: RI-I para rocas ígneas intrusivas; RI-E para rocas ígneas extrusivas; RI-SV para rocas ígneas subvolcánicas; RI-PU para rocas ígneas pulidas; RI-UM para rocas ígneas ultramáficas; RI-P para rocas ígneas piroclásticas, seguido de un número que tendrá que ser consultado en el documento Excel para ver disponibilidad.

8.1 Rocas ígneas intrusivas (RI-I)

Las rocas ígneas intrusivas o plutónicas han sido formadas por el enfriamiento lento del magma. Por lo tanto, sus cristales se hacen visibles a simple vista y se utiliza la escala propuesta por Winter (2001) para la clasificación de sus tamaños de grano, siendo la siguiente: grano fino (<1mm), grano medio (1-5 mm), grano grueso (>5 mm) y grano muy grueso o pegmatítico (>20mm).

Si los minerales máficos representan menos del 90% ($M < 90\%$), la roca se clasificará de acuerdo con los minerales félsicos y se hará uso del diagrama QAPF (ver Figura 1). Para ello se tienen en cuenta únicamente los porcentajes de los minerales félsicos Q, A, P, F y será necesario recalcular estos valores. Si $M \geq 90\%$ se tratará como una roca ultramáfica y no se usa ese diagrama. Para ese recálculo, los valores modales de Q, A, P y F deben conocerse y su suma debe ser del 100%.

Por ejemplo, una roca con $Q=10\%$, $A=30\%$, $P=20\%$ y $M=40\%$, se recalcula con los siguientes valores:

$$Q = 100 \times 10 / 60 = 16.7\%$$

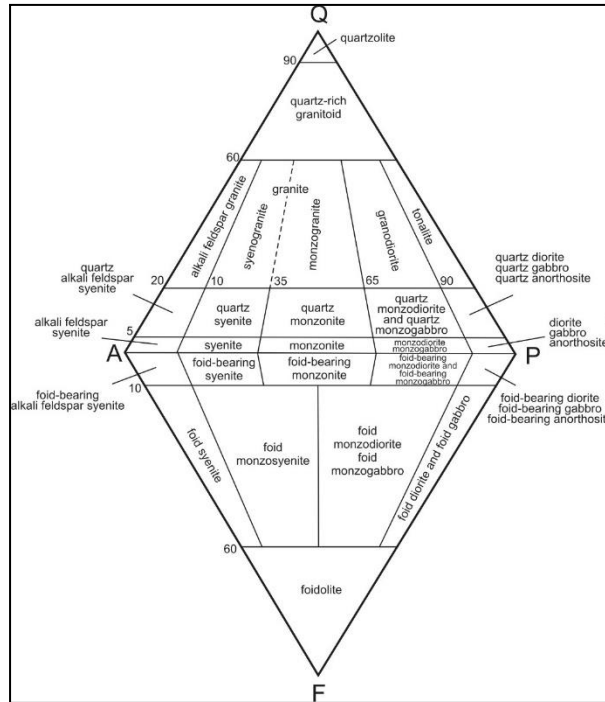
$$A = 100 \times 30 / 60 = 50.0\%$$

$$P = 100 \times 20 / 60 = 33.3\%$$

Con esos valores es posible triangular la posición de esa muestra en el triángulo y obtener su nombre.

Figura 1

Diagrama QAPF para rocas intrusivas de Streckeisen (1978). Tomado de Le Maitre (2002)



8.2 Rocas ígneas extrusivas (RI-E)

Las rocas ígneas extrusivas o volcánicas, tienen un proceso de enfriamiento mucho más rápido que el de las rocas intrusivas. Este tiempo de enfriamiento rápido no permite que se formen cristales grandes, por lo que las rocas ígneas extrusivas tienen cristales más pequeños que las rocas ígneas intrusivas.

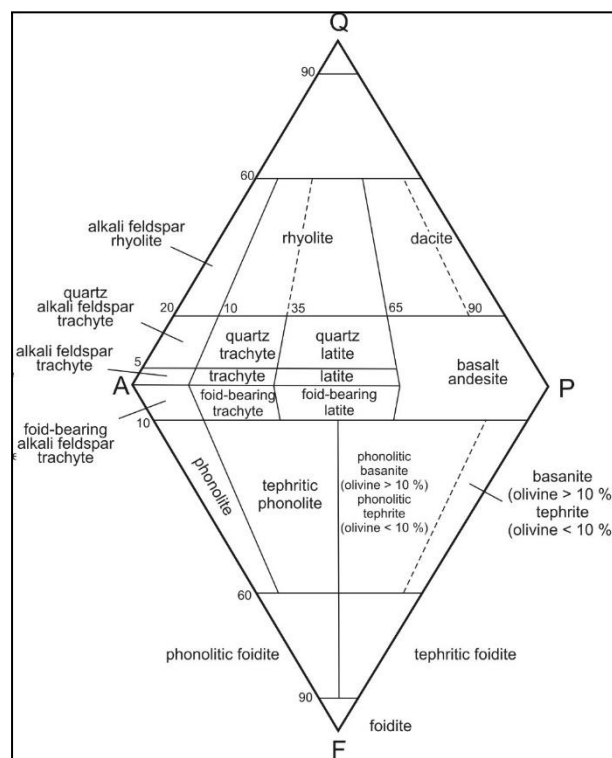
Las rocas ígneas extrusivas o volcánicas caracterizadas por una textura de grano de tipo afanítica en donde la mayoría de los cristales en la roca no pueden ser identificados a simple vista y se requiere un análisis microscópico. De igual manera, la clasificación de la roca utiliza un

diagrama triangular para determinar el nombre de la roca (ver Figura 2) y el proceso de recálculo es el mismo.

Esta clasificación solo debe ser usada si la roca es considerada volcánica y si se puede identificar uno de los minerales “vértices” de los diagramas (Q, A, P, F).

Figura 2

Diagrama QAPF para rocas extrusivas. Tomado de Streckeisen (1978)



8.3 Rocas ígneas subvolcánicas (RI-SV)

Algunos autores hacen referencia a las rocas subvolcánicas, hipoabisales o filonianas indicando una profundidad intermedia de cristalización. No existe clasificación puntual para este tipo de rocas, pero dada su similitud con la formación de rocas intrusivas se emplea la misma clasificación complementando el nombre con el prefijo “micro” con el fin de expresar la presencia de cristales con un tamaño menor al de las rocas intrusivas (3mm).

8.4 Rocas ígneas piroclásticas (RI-P)

Esta clasificación es usada para rocas que se consideren que han tenido origen piroclástico, es decir, formadas por fragmentación como resultado de erupciones o procesos volcánicos explosivos (ver Figura 3).

Según Le Maitre et al (2002) los piroclastos pueden ser cristales individuales, o fragmentos de cristal, de vidrio o de roca. Sus formas adquiridas durante la ruptura o durante el transporte posterior al depósito primario no deben haber sido alteradas por procesos de re-depositación posteriores. Si los fragmentos han sido alterados, se denominan "piroclastos reelaborados" o "epiclastos" si su origen piroclástico es incierto. Murcia et al. (2013) propone una clasificación de los diversos tipos de piroclastos, guiándose principalmente por su tamaño:

Bombas: Piroclastos cuyo diámetro medio supera los 64 mm y cuya forma o superficie indica que se encontraban total o parcialmente fundidos durante su formación y posterior transporte. Se consideran finos entre 64-256 mm, medios entre 256-1024 mm y gruesos los >1024.

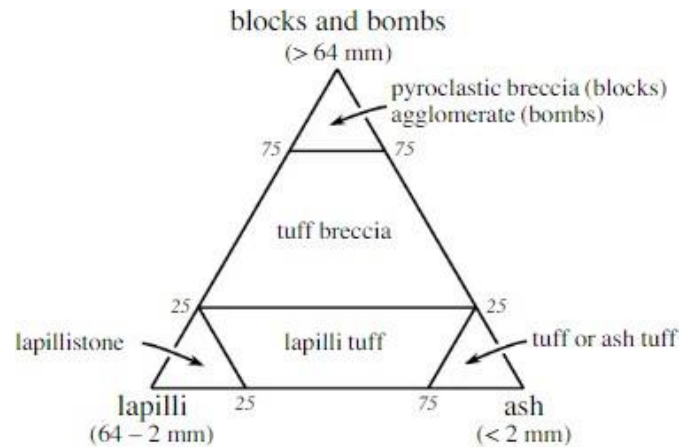
Bloques: Piroclastos cuyo diámetro medio supera los 64 mm y cuya forma angular a subangular indica que fueron sólidos durante su formación. Se consideran finos entre 64-256 mm, medios entre 256-1024 mm y gruesos los >1024.

Lapilli: Piroclastos de cualquier forma con un diámetro medio de 2mm a 64mm. Se consideran finos entre 2-4 mm, medios entre 4-16 mm y gruesos entre 16-64 mm.

Ceniza: Piroclastos con un diámetro medio inferior a 2 mm. Se pueden dividir a su vez en granos muy gruesos de ceniza (1 mm a 2 mm), gruesos (1/2 mm a 1mm), medios (1/4 mm a 1/2 mm), granos finos de ceniza (o polvo) (1/8 mm a 1/4 mm) y los granos muy finos de menos (1/16 mm a 1/8 mm).

Figura 3

Clasificación de rocas piroclásticas basada en las proporciones de bloques/bombas, lapilli y ceniza. Tomado de Fisher (1966).

**8.5 Rocas ígneas que hayan sido pulidas (RI-PU)**

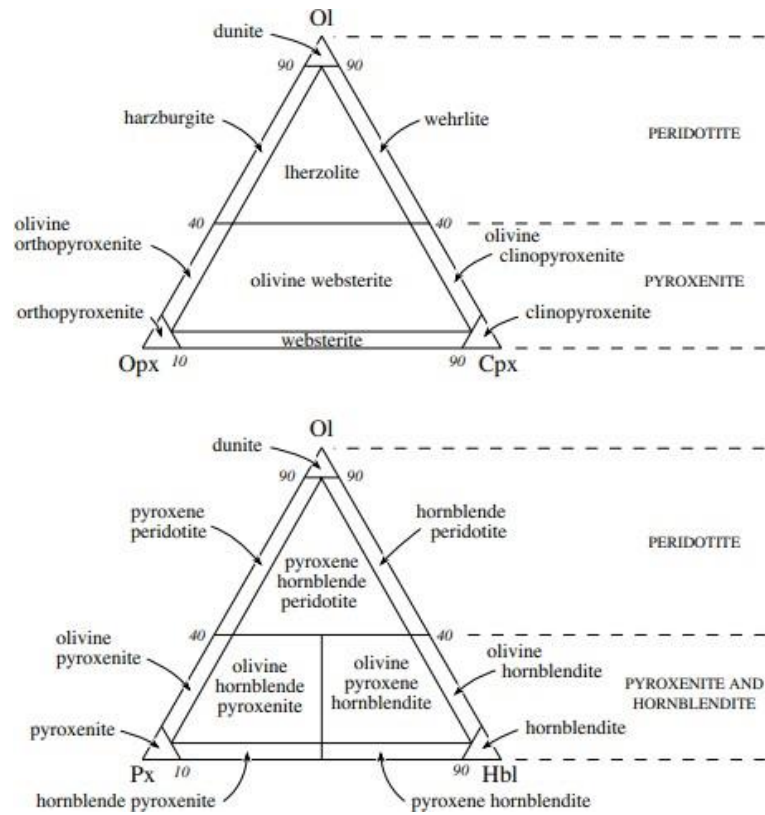
Teniendo en cuenta el amplio uso de ciertas rocas como materiales ornamentales, se incluyen dentro de esta clasificación las rocas ígneas pulidas. La finalidad del pulido es conseguir una superficie lisa y brillante, además de reducir la porosidad propia de la roca. Este proceso destaca la estructura, color y textura de la roca haciéndola más llamativa y útil en la industria. Es importante para el estudiante reconocer tanto la roca genuina como su aspecto posterior a este tipo de intervención humana.

8.6 Rocas ígneas ultramáficas (RI-UM)

Las rocas ultramáficas se clasifican de acuerdo con su contenido de minerales máficos (olivino, clinopiroxeno, ortopiroxeno, hornblenda principalmente). La Subcomisión (Streckeisen, 1978) propone el uso de dos diagramas (ver figura 4). El primero hace referencia a rocas compuestas principalmente por olivino ortopiroxeno y clinopiroxeno, el segundo incluye rocas con contenidos de olivino, piroxeno y hornblenda.

Figura 4

Clasificación de rocas ultramáficas basada en las proporciones de olivino (Ol), ortopiroxeno (Opx), clinopiroxeno (Cpx), piroxeno (Px) y hornblenda (Hbl). Tomado de Fisher (1966).

**9. Organización y descripción**

Los tipos de rocas más representativos y en buen estado de conservación que se encuentren en la colección serán seleccionados para ampliar su análisis a través de la generación de una muestra microscópica en lámina delgada y su correspondiente descripción, permitiendo así que el estudiante pueda complementar su proceso de aprendizaje asociando directamente el análisis de una muestra de mano con una vista en microscopio del mismo ejemplar.

Para la descripción de cada muestra es obligatorio el uso de los formatos originales, uno para muestras únicamente de mano (ver figura 5) y otro donde se posee la sección delgada de la misma (ver figura 6). Los formatos vacíos para estas descripciones se pueden encontrar en los Anexos C y D respectivamente.

Figura 5

Ejemplo formato de descripción de muestras de mano



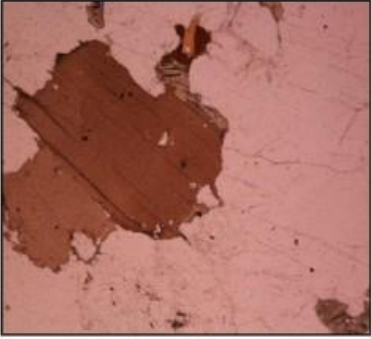
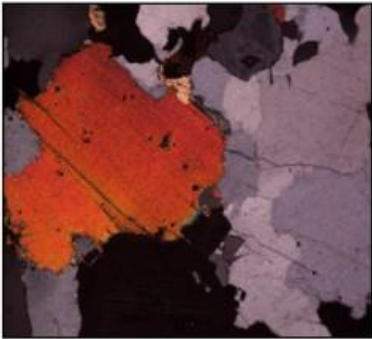
MUESTRA DE MANO	
Número de muestra: RI-I-15	
Ubicación: Sin información	
Nombre de la roca: Siyenogranito	
Tipo de roca: Intrusiva	
Índice de color: Leucocrática	
Cristalinidad: Holocristalina	
Granularidad: Fanerítica	
Minerales: Cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, minerales máficos	
Descripción	
Forma parte del campo de clasificación del granito. Se hace la distinción en su nombre para resaltar que contiene mayor cantidad de feldespato alcalino que de plagioclasa. Así mismo posee una gran cantidad de cuarzo.	

Figura 6

Ejemplo formato ampliado de descripción de muestras de mano y en añadidura, la descripción en lámina delgada

MUESTRA DE MANO	
<p>Número de muestra: ESGEO-IG-12 Ubicación: Sin información Nombre de la roca: Tonalita Tipo de roca: Intrusiva</p> <p>Índice de color: Leucocrática Cristalinidad: Holocristalina Granularidad: Fanerítica Minerales: Cuarzo, plagioclasa, anfíboles, biotita</p> <p>Descripción Roca intrusiva con cristales bien formados de cuarzo, biotita, plagioclasa, sin presencia de feldespato potásico. La plagioclasa junto al cuarzo componen más de la mitad de la roca.</p>	
LÁMINA DELGADA	
 <p style="text-align: center;"><i>Nicoles paralelos</i></p>	 <p style="text-align: center;"><i>Nicoles cruzados</i></p>
<p>Descripción Cristal de biotita de color marrón en luz polarizada, exfoliación basal La biotita altera a clorita de forma parcial en la parte superior con colores verdosos característicos. La clorita presenta un color de interferencia entre gris y blanco de primer orden, con birrefringencia siempre baja. A su alrededor, cristales de cuarzo.</p>	

Dentro de estos formatos se encuentran características importantes de cada una de las muestras, divididas en 3 secciones:

La primera sección incluye:

Número de muestra: asignado previo a su adición a la colección, determinado según el Excel mencionado en la sección de Gestión y documentación.

Ubicación: es importante para conocer un contexto puntual de los procesos de formación de la roca, sin embargo, no es un requisito conocerla para ser incluida en la colección.

Nombre de la roca: Se determina según las propiedades descritas en la segunda sección y según la clasificación de la IUGS.

Tipo de roca: Sigue la nomenclatura y la clasificación de la IUGS.

La segunda sección incluye:

Índice de color: Parámetro modal que incluye los minerales máficos, menos la moscovita, apatitos, carbonato primario y otros minerales que pueden ser considerados como incoloros. Streckeisen (1978) utiliza los términos: Hololeucocrático: 0 - 5%, leucocrático: 5 - 35%, mesocrático: 35 - 65%, melanocrático: 65 - 90%, ultramáfico: 90 - 100%

Cristalinidad: Mackenzie, Donaldson & Guilford (1982) determina una cristalinidad variable en las rocas ígneas, basados en el enfriamiento del magma y la ocurrencia de cristales en la roca, las rocas pueden ser:

Holocristalina: Compuesta totalmente por cristales (>90% en vol. de cristales)

Hialocristalina, hipocristalina o hipohialina: Compuesta por vidrio y cristales. Los adjetivos “vítreo” e “hialino” indican que una roca se presenta más o menos completamente en estado vítreo. Las rocas hipocristalinas (del gr. hipo: *escasez de*) pueden ser descritas con mayor precisión determinando las proporciones relativas de cristales respecto al vidrio.

Holohialina: Compuesta totalmente por vidrio (>90% en vol. de vidrio).

Granularidad: Utilizando los tamaños de los cristales presentes puede ser:

Fanerítica: Cristales visibles a simple vista.

Afanítica: Cristales no visibles a simple vista; puede ser micro o criptocristalina dependiendo si pueden o no ser reconocidos con microscopio.

Porfírica: Fenocristales en matriz o masa fundamental cristalina

Vítrea: Textura holohialina con masa fundamental vítrea y un bajo porcentaje de cxs de grano fino; sin fenocristales.

Vesicular

La tercera descripción incluye una descripción general de la muestra, donde se remarcan datos relevantes del análisis macroscópico (por ejemplo, los minerales predominantes en la muestra), además de toda información adicional que no se encuentre incluida en las otras dos secciones y sea de utilidad para entender el contexto de formación de la roca o que complemente la información ya descrita.

10. Modelado 3D

Dentro de la digitalización de la colección, buscando globalizar y ampliar los alcances de divulgación y los conocimientos presentados en esta exposición de muestras, se crean unos modelos 3D de diez muestras de mano seleccionadas, las cuales deben ser fotografiadas usando una cámara fotográfica convencional, modelo Canon EOS T5, siguiendo la siguiente configuración: velocidad de obturación asignada a 1/20 segundos, apertura del diafragma F11, sensibilidad a la luz en ISO 100, balance de blancos automático y apoyados en iluminación artificial con flash y un panel de luz (Figura 7). Las fotografías se realizaron sobre una platina, fotografiando y girándola cada 5 grados dejando la cámara fija sobre un trípode y moviendo únicamente el soporte, para así obtener un total de 72 por cada una de las muestras.

Luego de fotografiar las muestras, se procesaron con el software web de suscripción paga eyesCloud3D (Figura 8), cargando las imágenes en modelos cada uno por separado, posterior a

esto el modelo 3D se genera automáticamente y hay que editar el producto originado con las herramientas del software para eliminar bordes sobrantes y pulir el modelo final (Figura 9). Cada modelo se descarga en formato .gltf, se guarda su URL y se genera su respectivo código QR para adjuntarse en cada una de las entradas del catálogo.

Figura 7

Fotografías de muestras seleccionadas para modelos 3D.



Figura 8

Interfaz de la web de eyesCloud3D en el proceso de carga de imágenes para posterior generación del modelo. Edición y pulido del modelo 3D en el software.



11. Conservación

Es importante mantener estrategias de conservación preventivas para los ejemplares expuestos y de tal manera asegurar que están siendo guardados y manejados correctamente. En este orden de ideas, es vital revisar periódicamente el uso y el estado de los objetos de la colección.

Las estrategias de conservación preventiva incluyen la limpieza y reubicación de las muestras, buscando recuperar también ejemplares cuya calidad se encuentre menoscabada. Esta limpieza debe ser llevada a cabo con el mayor de los cuidados.

De esta manera, se espera que a futuro la colección tenga sus propios curadores especialistas en los temas relacionados a la preservación y protección de las muestras geológicas, asegurando así que los especímenes se encuentren en un estado óptimo de exposición, teniendo como prioridad resaltar su importancia histórica y científica (Brunton, 1985).

Con el fin de asegurar la conservación de la colección, se pueden tener en cuenta dos procesos utilizados en colecciones geológicas que aseguran el buen mantenimiento y la subsistencia de esta: replicación y preparación. El proceso de replicación, el cual consiste en hacer una copia de un espécimen, es considerado como una estrategia de prevención debido a que la réplica puede ser estudiada si la muestra original es demasiado frágil o muy excepcional para estudios continuos. Además, permite tener acceso a ejemplares cuando el material original es limitado o no existe. Por otra parte, el proceso de preparación modifica físicamente los ejemplares con el propósito de alcanzar el máximo potencial de exposición de las muestras. Debe ser tenida en cuenta con mucha precaución ya que debería ser practicada únicamente por personas con las cualidades necesarias y supervisada por un especialista en la materia (Peluso et al, 2016).

La preparación generalmente solo debería ser usada para revelar algunos ejemplares oscuros, sin embargo, es vital que los procedimientos primordiales sean aquellos más sutiles y que minimicen los daños en las muestras, por tanto, los materiales con mayor valor histórico no deben ser preparados.

En este orden de ideas, es vital mantener un registro sistemático y consistente de todas las anotaciones del material presente, añadiendo detalles relacionados a todos los procesos de limpieza y de conservación preventiva en un archivo de historial.

Todos los especímenes que sean transferidos a nuevas ubicaciones, ya sea por propósitos de conservación o exhibición, deben recibir las mismas o mejores condiciones de cuidados que los recibidos en la colección.

Las muestras con interés para la generación de modelos 3D también pueden ser aquellas que tengan un gran interés y representatividad dentro de la colección pero que no se encuentren en buen estado y por lo tanto se procure su conservación. Para ello será preferible generar un modelo 3D para su enseñanza y el manejo directo de la muestra sea mínimo y únicamente vigilado por el docente de la asignatura.

12. Exposición

El manejo de las muestras de la Colección de Rocas Ígneas de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander estará coordinado por el docente a cargo de la asignatura Petrología ígnea y a disposición del docente encargado de la asignatura Introducción a las geociencias. El enfoque del manejo está en la enseñanza a los estudiantes matriculados en dichas

asignaturas. Después de su uso, las muestras deben organizarse de acuerdo con los parámetros ya descritos en esta guía.

Las colecciones deben estar protegidas del polvo y de agentes que puedan deteriorarlas. Para ello la mejor alternativa es guardarlas en estantes o canastas numeradas con indicación clara de su contenido.

La exposición permanente es una estupenda herramienta de transmisión de conocimiento geológico. El proceso de enseñanza comienza con la propia disposición de las colecciones. Una exposición de objetos naturales, convenientemente organizada, con las explicaciones y complementos adecuados en cada una de las muestras, tiene valores estéticos e incluso puede despertar la admiración y la curiosidad de los niños y desembocar en posteriores trabajos de observación (Harlem, 1998).

Por lo tanto, es recomendable que las muestras sean exhibidas en vitrinas, lugares visibles con buena iluminación y adjunto a este, la información ya catalogada de la muestra, donde se describan los datos pertinentes a cada uno de los ejemplares presentes en la colección.

En cuanto a su exposición virtual, se crea una página web de acceso libre donde existen entradas sobre cada una de las muestras presentes en la colección, incluido además el código QR para obtener la información de los modelos 3D que estén asociados a las respectivas muestras con un modelo generado.

13. Decesión

Las bajas definitivas de un material se deben a varios factores, ya que se pueden presentar intercambios y donaciones con otras entidades o la pérdida de interés científico, motivada por

alguna pérdida o error en los datos recolectado; también pueden existir casos que serían ajenos a la voluntad como robos, pérdidas o destrucción del material (Baars & Horak, 2018). El objetivo principal es mantener una colección con calidad y representatividad. Algunos de los motivos por los cuales se retire una muestra de la colección se contemplan en los siguientes casos:

Intercambios: Estos se dan cuando la entidad encargada de la colección o el líder de esta decide que una manera de aumentar y completar la colección puede ser intercambiar con otra parte de su contenido.

Pérdidas y sustracciones: Estas circunstancias afectan a ejemplares que no se desea que desaparezcan de la colección.

Donaciones: En ocasiones las entidades deben ser proveedores de material a otras instituciones de menor entidad.

Debe quedar claro que, aunque se haya eliminado cierto material el número o código asignado al que es dado de baja, no se debe asignar de nuevo a otro material. Y además de esto, mientras los enlaces a los modelos 3D permanezcan activos, todo material generado podrá seguir siendo visualizable así la muestra no se encuentre de manera física.

14. Acceso

El valor documental de una colección es un criterio principal de excelencia. Los resultados bien documentados de la investigación científica, histórica y estética permiten que la colección pueda cumplir con su deber de investigación y educación (Lozano & Menéndez, 2013).

El objetivo principal de la información sobre las colecciones es facilitar el acceso, los resultados de investigaciones y sus lugares de proveniencia. Para apoyar este objetivo, es necesario

desarrollar y mantener sistemas de información de las colecciones que mejoren el acceso y la responsabilidad de sus colecciones y resultados de investigación, y de garantizar la conservación a largo plazo de la información resultante en formatos manuales y electrónicos.

La Colección de Rocas Ígneas de la Escuela de Geología en la Universidad Industrial de Santander se encuentra coordinada por el docente a cargo de la asignatura Petrología ígnea, por lo cual se facilita el acceso a los estudiantes y es primordial ya que, esta puede ser un elemento auxiliar muy importante, que permite la observación, la manipulación y el análisis de los elementos reales que se estudian en el aula de manera teórica. De igual manera, los modelos 3D se encuentran disponibles en internet siguiendo el enlace adjunto a la descripción de aquellas muestras que lo poseen.

Adicionalmente, toda la información presente en el catálogo, además de los respectivos modelos 3D con su código QR, serán recopilados en una página web con entradas para cada una de las muestras pertenecientes a la colección.

15. Conclusiones

La elaboración de una colección debe poseer pautas claras para lograr su conservación a futuro, al ser un recurso que busca crecer constantemente en un continuo proceso de transformación y adaptación.

Gracias a este proyecto, se dispone de un recurso físico y digital que aporte material didáctico a las prácticas de la Escuela de Geología

La organización de la colección permite conservar las muestras de roca que durante estos años la Escuela de Geología ha adquirido, logrando la divulgación para que este tipo de

información esté disponible a cualquier estudiante de la institución, y sirva de soporte en situaciones como la pasada pandemia.

16. Recomendaciones

Es esencial procurar que las muestras seleccionadas para la colección sean de un tamaño adecuado para facilitar su manipulación, además de asegurar la conservación del diseño de escala en las fotografías de muestras de mano para mantener una homogeneidad en la presentación de las muestras.

No recibir donaciones de muestras que no revistan interés o que no sean enlistadas inmediatamente en la base de datos dispuesta en Excel. Lo anterior, mantendrá la organización de las muestras y garantizará la correcta aplicación de su gestión. Este punto será responsabilidad del encargado de la colección.

También es importante tener en cuenta que las microfotografías contengan escala. Además, se sugiere tomar un mayor número de microfotografías, donde se puedan apreciar un mayor número de minerales y texturas, y adicionando a estas un testigo de cada una de las mismas, que serán almacenados y no estarán disponibles para manipulación (para este caso, se trabajó con muestras que ya contenían sus respectivas láminas delgadas).

Para mayor profundidad en la descripción petrográfica de cada muestra, es recomendado someter las muestras a nuevos métodos de análisis como por ejemplo difracción de rayos X, especialmente a aquellas muestras que han sido seleccionadas para análisis microscópico y modelado 3D, con el fin de nutrir su descripción y obtener un catálogo más completo.

Si dentro del catálogo se encuentra una roca cuyo tipo de muestra sea común y se presente en diferentes variedades en la naturaleza (ejemplo; basalto), se aconseja incluir más muestras que amplíen el conocimiento sobre la misma.

Adquirir un mobiliario adecuado para la organización de las muestras.

Referencias Bibliográficas

- Baars, C., & Horak, J. (2018). Storage and conservation of geological collections—a research agenda, *Journal of the Institute of Conservation*.
- British Standards Institution (2012). Specification for Managing Environmental Conditions for Cultural Collections. PAS 198. London, United Kingdom.
- Brunton, C. H., Besterman, T. P., & Cooper, J. A. (1985). Guidelines for the curation of geological materials.
- Carcavilla Urquí, L., Martínez Jaraiz, C., García Cortés, Á. (2015). Guía de buenas prácticas para la gestión del patrimonio geológico y paleontológico de Colombia. Instituto Geológico y Minero de España en colaboración con el Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- Carvajal, J., Suárez, F., Quiñónez-Ku, X. (2018). Las TIC en la Educación Universitaria. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Esmeraldas. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/334000378_LAS_TIC_EN_LA_EDUCACION_UNIVERSITARIA
- Fisher, R.V. (1966). Rocks composed of volcanic fragments. *Earth Science Reviews. International Magazine for Geo-Scientists*. Amsterdam. Vol.1, p.287–298.
- Harlem, W. (1998). Enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Morata. Madrid.
- Le Bas, M.J., & Streckeisen, A. (1991). The IUGS systematics of igneous rocks. *Journal of the Geological Society*, 148, 825 - 833.
- Le Maitre, R.W., A. Streckeisen, B. Zanettin, M. J. Le Bas, B. Bonin, P. Bateman (2002). *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks;*

Cambridge University Press, 252p. Recuperado de:

https://www.academia.edu/29297536/Igneous_Rocks_A_Classification_and_Glossary_of_Terms_2nd_Le_Maitre

Lozano, R. P., & Menéndez, S. (2013). Rocas, minerales y fósiles: las colecciones geológicas de museos públicos. Museos y Colecciones de Historia Nacional: Investigación, educación y difusión, 41-52.

Mackenzie, W.S, Donaldson, C.H. & Guilford, C. (1982). Atlas de rocas ígneas y sus texturas.

Murcia, H.F., Borrero, C.A., Pardo, N., Alvarado, G.E., Arnosio, M. & Scolamacchia, T., 2013: Depósitos volcánoclasticos: términos y conceptos para una clasificación en español. -Rev. Geol. Amér. Central, 48: 15-39.

Museum and Galleries Commission (1993). Standards in the Museum Care of Geological Collections. London, United Kingdom.

Ortiz, J., Sánchez, Y., Torres, T. (2018). Innovación educativa en la enseñanza de la geología mediante nuevas tecnologías. Advances in Building Education

Peluso, D., Bean, A., Rose, K., McIntyre, D., Eck, R., Soeder, D., & Hakala, A. (2016). Geoscience Collection Management Systems: A Beginners Guide.

Ríos Reyes, C. A. (1999). Museo geológico "Marino Arce Herrera" Una contribución al desarrollo de la enseñanza de las ciencias de la tierra. Boletín De Geología, 21(36), 51–55.

Recuperado de

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/7514>

Servicio Geológico Colombiano (2020). Directorio de museos y colecciones geológicas y paleontológicas (2020).Patrimonio Geológico y Paleontológico.

Recuperado de

<https://www2.sgc.gov.co/patrimonio/Paginas/MaterialDivulgativo/directorio-de-museos-y-colecciones-.aspx>

Sanchíz, B., & Rodríguez, J. B. (1994). Manual de catalogación y gestión de las colecciones científicas de Historia Natural. Museo Nacional de Ciencias Naturales (España).

Santano, P. P. (2011). Las colecciones como recurso para el aprendizaje de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19(2), 204-209.

Streckeisen, A. L., (1978). IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilitic Rocks. Recommendations and Suggestions. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen, Vol. 141, 1–14.

Wilson, M. (2001). Igneous petrogenesis. A Global Tectonic Approach.