

ARTÍCULO

CLAVES DICOTÓMICAS: ADAPTACIONES PARA SU USO EN LAS CLASES DE GEOLOGÍA

Dichotomous keys: adaptations for use in Geology classes

Suarez, P.¹  & Gnaedinger, S.^{1 2} 

RESUMEN: El paradigma constructivista plantea que el proceso de enseñanza debe ser dinámico, con participación activa del sujeto que aprende. En este contexto las decisiones tomadas en el aula por el docente impactan de manera directa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este trabajo da a conocer el resultado de la aplicación de claves dicotómicas en la asignatura Geología, que forma parte del plan de estudio de tres carreras de grado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste. Años tras años se ha observado la dificultad de los alumnos en la identificación de minerales y diferentes tipos de rocas. Es por ello que se tomó la decisión de incorporar una herramienta didáctica de tipo visual (claves dicotómicas) que ayude a los alumnos en este proceso. La tarea consistió en adaptar las claves dicotómicas ya existentes, teniendo en cuenta el material geológico disponible en la asignatura y las necesidades de los alumnos. Como resultado, se obtuvieron cuatro claves dicotómicas adaptadas a la región. Al aplicar estas herramientas didácticas, observamos mayor independencia de los alumnos en la identificación del material geológico proporcionado en las clases prácticas y mejor desempeño en las evaluaciones que requieren reconocimiento de este tipo de materiales.

PALABRAS CLAVES: clasificación, minerales, rocas, herramientas visuales, herramientas didácticas.

¹ Asignatura "Geología" de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE. Corrientes, Argentina. Correo electrónico: paolasuarez792@gmail.com.

² Área de Paleontología del Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET-UNNE, CCT-CONICET-Nordeste), Ruta 5, km 2.5. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE. Corrientes, Argentina. Correo electrónico: scgnaed@hotmail.com.

Como citar este artículo: Suarez, P. & Gnaedinger, S. (2023). Claves dicotómicas: adaptaciones para su uso en las clases de geología. Revista FACENA 33, 43-57. Doi: <https://doi.org/10.30972/fac.3317368>
Recibido/Received: 30/08/2023. Revisión: 12/09/2023. Aceptado/Accepted: 12/12/2023.

Editor asociado: Félix Ignacio Contreras .

Publicado en línea: 07/03/2024. ISSN 1851-507X en línea.

ABSTRACT: The constructivist paradigm suggests that the teaching process must be dynamic, with the active participation of the learner. In this context, the decisions made in the classroom by the teacher have a direct impact on the teaching-learning process. This work discloses the result of the application of dichotomous keys in the Geology subject. Geology is part of the study plan of three careers of the Faculty of Exact and Natural Sciences and Agriculture of the Universidad Nacional del Nordeste. Year after year, we observed the difficulty of the students to be able to identify minerals and different types of rocks, the decision was made to look for a visual didactic tool that helps the students in this process. For this, dichotomous keys were adapted taking into account the available geological material and the needs of the students, resulting in four types of keys adapted to the region. As a result of its application, we observed greater independence of the students in the identification of the geological material provided in the practical classes and better performance in the evaluations that require recognition of this type of material.

KEYWORDS: classification, minerals, rocks, visual tools, didactic tools.

Introducción

Desde Jean Piaget y Lev Vygotski se conoce que el paradigma constructivista en educación considera a la enseñanza como un proceso dinámico, donde la participación y la interacción del sujeto que aprende es lo que permite que el conocimiento sea una construcción. Como plantean Howland *et al.* (2011), para que el alumno aprenda es necesario que se involucre activa y voluntariamente, de forma que sea una tarea significativa. Y para que el aprendizaje sea significativo, el sujeto que aprende debe desempeñar tareas de cooperación, auténticas, con intención, constructivas y movilizadoras. Los mismos autores señalan además que las instituciones educativas deben ayudar a los estudiantes para que aprendan cómo reconocer y resolver problemas, regulando sus propios aprendizajes.

Furman y Podestá (2009) afirman que para generar un nuevo conocimiento es importante la curiosidad, el uso del pensamiento lógico y de la imaginación, así como la exploración de evidencias, la creación de modelos teóricos y el intercambio de ideas. Las mismas autoras sostienen que el contexto también cumple un papel importante, dado que la ciencia es una actividad humana, moldeada por las experiencias, valores y circunstancias de las personas que la practican, las cuales tienen sus propias perspectivas, dudas y motivaciones. Estos sujetos que

hacen ciencias no se encuentran aislados de la sociedad, sino integrados en ella; la sociedad influye en la dirección de la investigación científica, y a su vez, la ciencia contribuye al desarrollo y la evolución de la sociedad. La ciencia se realiza en contextos específicos, ya sea en términos de ubicación geográfica, momentos históricos o condiciones sociales. Todo lo anterior subraya la importancia de la subjetividad y la participación activa de los investigadores, en la construcción del conocimiento. Entender esta dimensión de la ciencia implica, también, comprender el carácter social que tiene y su relación con diversos aspectos culturales.

En este contexto, Furman y Podestá (2021) son muy claras al advertir que la concepción que como docentes tenemos acerca de las ciencias naturales también impacta desde lo que elegimos hacer, indagar, explicar o incluso omitir, al tipo de contenidos que incluimos en nuestras clases, las actividades que proponemos a los alumnos o el clima que creamos en el aula. Por lo tanto, es la acción de los docentes la que determina que el escenario cambie o no, cuando los estudiantes presentan dificultad en la comprensión de determinados contenidos.

Estos criterios también fueron validados por distintos autores (Durán Olivos y Álvarez Florez, 2018; Caamaño y Vilches, 2001; Gil y Vilches, 2001; Esteban Santos, 2003; Soles y Vilches, 2004; entre otros.)

La asignatura Geología, que forma parte del plan de estudio de primer año de las carreras de Profesorado en Biología, Licenciatura en Ciencias Biológicas y Profesorado en Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste, incluye contenidos relacionados al ciclo de las rocas, identificación de minerales y rocas y su participación en cada uno de los espacios geográficos como producto de los ciclos geológicos endógenos y exógenos. La capacidad de reconocer las características distintivas de los diferentes minerales y tipos de rocas es esencial para los estudiantes de la asignatura, ya que les permite clasificar y comprender la composición y origen de los materiales geológicos. Estos contenidos representan un problema para los alumnos, especialmente cuando se enfrentan a la tarea de reconocer materiales didácticos específicos, concretamente fragmentos de minerales y rocas,

durante las clases prácticas. En consecuencia la concepción del uso de las claves dicotómicas, como una herramienta pedagógica útil para ayudarlos a comprender mejor las características de estos materiales, surge como una respuesta estratégica. También útil para ser empleada en trabajos de campos y en los diferentes niveles educativos que la requieran, dado que las claves dicotómicas tienen la particularidad de ser de fácil aplicación y factibles.

De acuerdo al diccionario de la Real Academia Española, “dicotomía” proviene del griego y significa “dividir en dos partes”, y lo define también como “método de clasificación que consiste en dividir en dos un concepto sucesivamente” (RAE, 2023). Las claves dicotómicas por su parte, son una herramienta visual muy utilizada en la biología para identificar la enorme cantidad de organismos vivos que existen, pero también puede ser útil para diferentes objetos de características visibles, ya que simplifican y organizan grandes cantidades de información.

La clave dicotómica utilizada para identificar un objeto consiste en una serie de preguntas que al ser respondidas guían hacia la pregunta que debe realizarse a continuación. Así, la clave dicotómica siempre ofrece dos opciones en cada paso, donde la opción que se selecciona da lugar a dos nuevas opciones. En cada paso las características del ejemplar a definir se van afinando hasta llegar a describirlo completamente, finalizando en su identificación. De esta manera, las claves dicotómicas se presentan como herramientas muy útiles que permiten a los usuarios expertos, pero también a los no expertos, identificar objetos u organismos.

Si bien todas las claves dicotómicas tienen el mismo mecanismo de funcionamiento, existen formas diferentes de presentarlas: (1) Tipo anidado: la pregunta de una serie aparece «anidada» debajo de la respuesta que conduce a esa pregunta (Figura 1). (2) Tipo vinculado: las preguntas se presentan en forma de lista (Figura 2). (3) Árbol ramificado: cada característica del elemento o pregunta, origina a una nueva rama y la pregunta posterior lleva a una sub-rama, llegando a la identificación del elemento al final de cada rama (Figura 3).

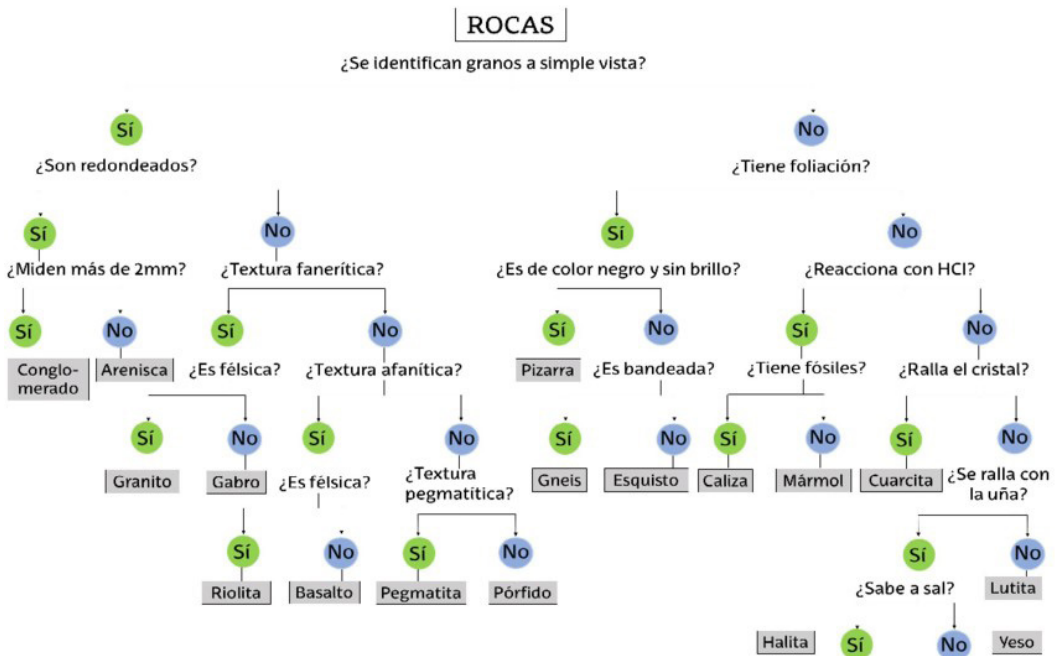


Fig. 1. Clave dicotómica Tipo anidado (Fuente de la imagen: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Modelo-de-clave-dicotomica_fig1_324442926)

CLAVE DICOTÓMICA PARA IDENTIFICACIÓN DE ROCAS.

1	Con cristales visibles a simple vista o con lupa	Ir a 2
	Sin cristales o con aspecto terroso que mancha las manos	Ir a 8
2	Con cristales grandes	Ir a 3
	Con cristales muy pequeños	Ir a 5
3	Con cristales del mismo tamaño y de diferentes colores	Ir a 4
	Con cristales grandes dentro de masa vítrea de color oscuro (negro)	BASALTO
4	Tres tipos de cristales: cuarzo (gris), feldespato (blancos o rosados) y micas (negra o blanca)	GRANITO
	Sin cuarzo o con muy poco, feldespato rosado y micas	SIENITA
5	Cristales orientados en bandas claras y oscuras.	Ir a 6
	Cristales no orientados en bandas	Ir a 7
6	Cristales visibles en bandas claras y oscuras. Cuarzo (gris) y feldespato (blanco)	GNEIS
	Cristales no visibles color oscuro (negro). Se exfolia en láminas.	PIZARRA
7	Producen efervescencia con el ácido clorhídrico. Aspecto a terrón de azúcar. Color claro. Dureza media (se raya con la navaja)	MÁRMOL

Fig. 2. Clave dicotómica Tipo vinculado (Fuente de la imagen: <https://www.academia.edu>)

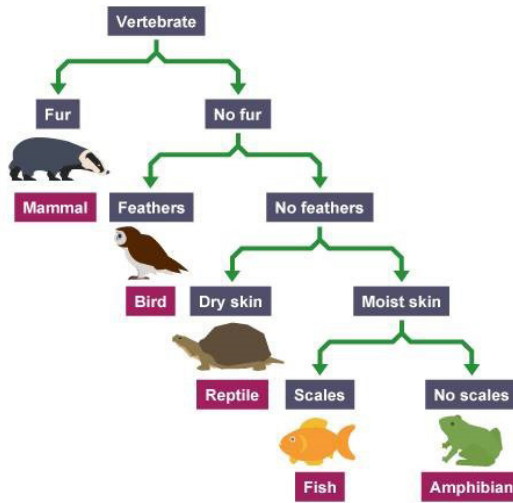


Fig. 3. Clave dicotómica Tipo Árbol Ramificado (Fuente de la imagen: www.evolvingsciences.com)

Vilches *et al.* (2012) mencionan que, al aplicar las reglas de clasificación, se establece un sistema jerárquico en el cual se organizan grupos dentro de cada categoría. Lanteri *et al.* (2004) resaltan un principio fundamental, la identificación de un ejemplar implica asignarlo a un grupo predefinido, de acuerdo a un esquema de clasificación previamente establecido. Este proceso suele iniciarse por lo general con la ayuda de una clave dicotómica, para evitar tener que recurrir a las descripciones originales. El mismo criterio fue utilizado también por López Carrillo y De la Cruz Vicente (2016) quienes proponen el uso de claves dicotómicas y colecciones de elementos naturales en la educación, con la finalidad de facilitar la interiorización de las características básicas, la clasificación y el estudio de la diversidad. La potencial utilidad de las claves dicotómicas en las diferentes ramas de la biología y las Ciencias de la Tierra ha llevado incluso a desarrollar aplicaciones digitales de las mismas (Martínez Pinedo, 2020), que en muchos casos resultan poco claras para los usuarios inexpertos.

Durante la investigación sobre claves dicotómicas aplicadas a las Ciencias de la Tierra, en especial aquellas utilizadas en la identificación de minerales y rocas, se observó que la mayoría de éstas son extensas y complejas. Están diseñadas para estudiantes de carreras de grado de Geología principalmente y por ello incluyen la clasificación de una gran

diversidad de materiales presentes en la corteza terrestre. Por lo tanto, estas claves resultan visualmente abrumadoras para los alumnos de primer año de las carreras de Biología y Física, quienes utilizan los conocimientos de Geología como una herramienta complementaria para la interpretación ambiental. La decisión de adaptar claves dicotómicas a los minerales y rocas presentes en Argentina, focalizando en los encontrados en nuestra región, el Nordeste Argentino, tiene como finalidad reducir el número de posibilidades. Esta perspectiva permite que los sujetos de aprendizaje centren su atención a las principales características que definen los ejemplares que se les ofrece en clase, con el objetivo de que la identificación sea más accesible, relevante y aplicable al contexto, lo que también podría fomentar un mayor interés y conexión con los materiales geológicos. Además, considerando que muchos de los estudiantes se desempeñarán como docentes de nivel medio durante su ejercicio profesional, se prevé que las claves dicotómicas sean versátiles, útiles para alumnos de escuelas secundarias y en la alfabetización científica del público en general. De este modo, una herramienta didáctica específica contribuye activamente en las complejas relaciones que ocurren entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (UNESCO, 2008; Caamaño y Vilches, 2001; Esteban Santos, 2003; Godoy, *et al.*, 2014; Furman, 2016).

Metodología

Durante un período que duró 5 años se observó la dificultad de los estudiantes de la asignatura Geología para llevar a cabo la identificación de los ejemplares de minerales y rocas que se les proporcionaba en las clases prácticas. La asignatura en cuestión corresponde al primer año de las carreras de Profesorado en Biología, Licenciatura en Ciencias Biológicas y Profesorado en Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste. En el proceso de identificación de los diferentes materiales didácticos, los alumnos recurrían a fotografías o descripciones de características genéricas, no formales, en lugar de utilizar descripciones técnicas. Esta situación dificultaba la interiorización de los conocimientos, a la vez que obstaculizaba identificaciones posteriores, sobre todo si se trataba de ejemplares diferentes. Ante esta situación, se tomó la decisión de ofrecer a los alumnos una herramienta didáctica de tipo

visual para mejorar este proceso. De este modo, adaptar claves dicotómicas que contengan solo las principales especies de minerales y tipos de rocas, focalizando en ejemplos que pueden encontrarse en la región, surge como una respuesta pedagógica estratégica. Así, la identificación resulta simple, pertinente y aplicable al entorno de los estudiantes. El criterio utilizado para dicha elaboración fue definido en base a una búsqueda bibliográfica específica (Wicander y Monroe, 2000; Iriondo, 2009; Tarbuck y Lutgens, 2013; Santa Cruz *et al.*, 2019) y a dos criterios fundamentales: la historia geológica de la región y el material didáctico del que dispone la asignatura para proporcionar en los trabajos prácticos; asimismo se consideró la importancia de los minerales y rocas en diferentes industrias (construcción, farmacéutica, alimentaria, entre otras).

Las claves dicotómicas resultantes se pusieron a disposición de los destinatarios de la acción educativa desde el año 2011 al año 2022 durante las clases prácticas, junto al correspondiente material geológico (fragmentos de minerales y rocas). Para su implementación se recurrió al aprendizaje basado en problemas (Albarrán Torres y Díaz Larenas, 2021; Duque-Cardona, V. y Largo-Taborda, 2021; Espinoza Freire, 2021) y el aprendizaje colaborativo (Castagnola Rossini *et al.*, 2021; Medina Bustamante, 2021; Melgarejo, 2020; Meroño *et al.*, 2021; Ticona Contreras *et al.*, 2021) como estrategias didácticas. Con este propósito se organizaron pequeños grupos (entre 2 y 4 alumnos), que buscaban resolver la situación problemática planteada: identificar los minerales o rocas proporcionados por los docentes. De esta forma se fomenta además la socialización, la cooperación y la habilidad de arribar a un consenso grupal.

Durante el período de implementación de las claves dicotómicas elaboradas, se llevó a cabo una detallada observación de los alumnos en cuanto a la predisposición al trabajo con claves y la identificación de forma independiente, donde el éxito/fracaso en la tarea se evaluó en función de la correcta caracterización del material didáctico.

Resultados y Discusiones

Los minerales y rocas que se localizan en la litosfera varían en diversidad y abundancia, siendo importantes en el desarrollo de las sociedades por ser utilizadas como materia prima en diferentes industrias (construcción,

indumentaria, farmacéutica, entre otros). Por ello es fundamental que los alumnos comprendan los procesos geológicos (endógenos y exógenos) que les dan origen y puedan reconocerlos.

A partir de los criterios mencionados en el apartado anterior, se confeccionaron cuatro claves dicotómicas simplificadas que favorecen los procesos cognitivos de atención, concentración, asociación, procesamiento de la información y memoria, con el objetivo de fomentar el pensamiento deductivo y el aprendizaje significativo. La clave dicotómica para identificación de minerales (Figura 4) considera las propiedades físicas que pueden ser identificadas a simple vista, como ser, el color, brillo, transparencia, dureza, clivaje, fractura. Por su parte, las restantes tres claves dicotómicas consideran al ciclo de las rocas. Este ciclo destaca la existencia de tres principales tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. En consecuencia, se desarrolló una clave para caracterizar cada uno de estos tipos: rocas ígneas (Figura 5), rocas sedimentarias (Figura 6) y rocas metamórficas (Figura 7). Estas últimas tres herramientas visuales tienen en cuenta dos aspectos primordiales en la caracterización de las rocas: su mineralogía (diferentes componentes minerales y la cantidad relativa de cada uno de ellos) y su textura (tamaño y ordenamiento espacial de los componentes).

CLAVE DE MINERALES

1. Minerales sin brillo metálico (2)
 2. Duros o semiduros (3)
 3. Con brillo (4)
 4. Transparente o lechoso, brillo vítreo **CUARZO**
 - 4'. Brillo resinoso, color negro, raya blanca **TURMALINA FERRICA**
 - 3'. Sin brillo. Opaco totalmente, débilmente rosado **FELDESPATO**
 - 2'. Blandos ó muy blandos (5)
 5. Se exfolia totalmente en láminas (6)
 6. No se raya fácilmente con la uña, láminas transparentes muy finas **MICA**
 - 5'. No se exfolia en láminas (7)
 7. Se raya con la uña. (8)
 8. Color blanco. (9)
 9. Muy suave al tacto, muy liviano, muy blando **TALCO**
 - 9'. Brillo perlado, más pesado que el talco **YESO**
 - 8'. Color amarillo, brillo graso **AZUFRE**
 - 7'. No se raya con la uña. (10)
 10. Cristaliza en romboedros exfoliables, blando **CALCITA**
 - 10'. No cumple estas características, incoloro y de sabor salado, **HALITA**
- 1'. Minerales coloreados con brillo metálico (9)
 11. Color gris plomo se raya con la navaja **GALENA**
 - 11'. Color amarillo latón, no se raya con la navaja **PIRITA**

Fig. 4. Clave dicotómica para identificación de minerales. Fuente: elaboración propia.

CLAVE DE ROCAS IGNEAS

1. Con cristales
 - 2.. Cristales visibles a simple vista: (3)
 3. Textura fanerítica: (4)
 4. Colores claros con cuarzo abundante, feldespato (ortosa) y mica negra (biotita): **GRANITO**
 - 3'. Textura porfídica: unos cristales pequeños y otros más grandes: **PÓRFIDO**
 - 2'. Con cristales difíciles de ver a simple vista: (5)
 5. Matriz de cristales o de vidrio, color negro con o sin vacuolas: **BASALTO**
- 1'. Sin cristales. Rocas vítreas: (6)
 6. Sin vacuolas, color negro: **OBSIDIANA**
 - 6'. Con vacuolas: (3)
 3. Tonos claros muy ligera: **PUMITA**
 - 3'. Tonos pardos, ligera, se fragmenta con facilidad **PIROCLÁSTICA**

Fig. 5. Clave dicotómica para identificación de rocas ígneas. Fuente: elaboración propia.**CLAVE DE ROCAS SEDIMENTARIAS****ROCAS DETRÍTICAS**

1. Granos individualizados: (2)
 2. Granos grandes, mayores de 2 mm: (3)
 3. Granos redondeados: **CONGLOMERADO PUDINGA**
 - 3'. Granos angulosos: **CONGLOMERADO BRECHOSO**
 - 2'. Granos pequeños, menores de 2 mm: **ARENISCA**
- 1'. Granos imperceptibles, olor a tierra mojada: **LUTITA**

ROCAS QUÍMICAS: rocas de precipitación química o formada por acción de seres vivos.

1. Produce efervescencia con HCl: (2)
 2. En general de color claro o gris, forma maciza: **CALIZA**
 - 2'. Presenta formas esféricas de láminas concéntricas: **OOLITA**
- 1'. No produce efervescencia con HCl: (3)
 3. Sabor salado: **SAL DE ROCA (O HALITA)**
 - 3'. Sin sabor salado: **YESO**

ROCAS ORGANÓGENAS: predominan partículas de origen orgánico.

1. Rocas derivadas de la transformación de masas vegetales, oscuras: **CARBÓN**
- 1'. Rocas de carbonato cálcico producto de restos animales o actividad animal: (2)
 2. Derivadas de actividad orgánica: **ESTROMATOLITO**
 - 2'. Constituida por restos de conchas/fósiles: **LUMAQUELA O COQUINA**

Fig. 6. Clave dicotómica para identificación de rocas sedimentarias. Fuente: elaboración propia.**CLAVE DE ROCAS METAMÓRFICAS**

1. Roca sin esquistosidad, no presenta láminas ni está foliada: (2)
 2. Roca silíceas (granos de cuarzo) que no da efervescencia con HCl: **CUARCITA**
 - 2'. Roca calcárea (granos de calcita) que da efervescencia con HCl: **MÁRMOL**
- 1'. Roca con esquistosidad, presenta láminas, está foliada: (3)
 3. Presenta granos (cristales) visibles: (4)
 4. Algunos granos muy gruesos. Roca gris, presenta cuarzo, feldespato y mica: **GNEIS**
 - 4'. Roca muy brillante, con mucha mica: **ESQUISTO**
 - 3'. Presenta granos (cristales) no visibles: (5)
 5. Minerales grandes pero no identificables claramente a simple vista. Brillo satinado: **FILITA**
 - 5'. Presenta granos muy finos, no visibles, sin brillo: **PIZARRA**

Fig. 7. Clave dicotómica para identificación de rocas metamórficas. Fuente: elaboración propia.

La implementación de estas claves dicotómicas durante once años, en las clases prácticas de la asignatura Geología, junto a un enfoque de aprendizaje colaborativo y aprendizaje basado en problemas, demostró beneficios importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje referido a la identificación de minerales y rocas. El empleo de esta herramienta didáctica de tipo visual, contribuyó de manera positiva a la comprensión significativa de los nuevos contenidos y a la participación activa de los estudiantes. Proporcionar una guía estructurada y fácil de seguir, mejoró la identificación de las características particulares de cada uno de los fragmentos rocosos que se les proporcionó en las clases, al mismo tiempo que potenció el trabajo autónomo por parte de los sujetos de aprendizaje. Al seguir cada paso de las claves, los estudiantes centraron su atención en las características principales de cada uno de los diferentes minerales y rocas. Es valioso destacar que esta herramienta didáctica además permitió evaluar conjuntamente, profesor y alumno, los errores cometidos y comprobar cuáles eran las características erróneamente ponderadas, cuando el resultando en una identificación era equivocado. La acción pedagógica de retroalimentación colaborativa, característica de las estrategias de aprendizaje empleadas, permite procesar la información y reformular conceptos, corregir malentendidos y promover una comprensión profunda de los nuevos contenidos.

Los resultados positivos se evidenciaron también en las instancias evaluativas, donde los alumnos lograron identificar exitosamente los materiales proporcionados. Esto sugiere que la implementación de las claves dicotómicas no solo facilitó la identificación durante las clases prácticas, sino que también contribuyó al desarrollo de habilidades de identificación que los estudiantes pudieron aplicar de manera efectiva en situaciones de evaluación, lo que evidencia el impacto beneficioso de las estrategias didácticas empleadas.

Conclusiones

De acuerdo al modelo de enseñanza constructivista, el aprendizaje significativo se logra con una participación activa del sujeto que aprende y

donde existen una serie de factores que influyen en el proceso, algunos de los cuales son intrínsecos del educando pero muchos otros son extrínsecos a él como lo son el contexto y las concepciones docentes. En este trabajo se aborda una situación problemática planteada en la asignatura Geología, la cual forma parte del plan de estudio del primer año de las carreras de Profesorado en Biología, Licenciatura en Ciencias Biológicas y de Profesorado en Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste. En dicha asignatura, se observó a lo largo de varios años, la dificultad de los estudiantes para llevar a cabo el proceso de identificación del material didáctico (fragmentos de minerales y rocas) que se les provee en las clases prácticas. En respuesta a esta situación se optó por proporcionar a los educandos una herramienta didáctica de tipo visual, concretamente se implementaron claves dicotómicas de minerales y rocas, de elaboración propia, adaptadas a los materiales que pueden ser encontrados en la región, relevantes para el contexto de los alumnos y de carácter versátil, para que puedan ser manipuladas incluso por usuarios inexpertos. Esta tarea tuvo como objetivo ayudar a que los destinatarios de la acción educativa centren su atención en las características particulares que permiten la identificación de cada material. Las claves dicotómicas elaboradas de acuerdo a los criterios antes mencionados se utilizaron durante once años en las clases prácticas de la asignatura, junto a material geológico e implementando las estrategias de aprendizaje basado en problemas y aprendizaje colaborativo, obteniéndose resultados positivos. El uso de estas herramientas de tipo visual, estructuradas y de fácil aplicación contribuyó a la identificación de las características principales de los minerales y rocas, la comprensión de los nuevos conocimientos, la retroalimentación colaborativa docente-alumno, la participación activa y el trabajo autónomo por parte de los estudiantes. La implementación de las claves dicotómicas resultó ser una decisión pedagógica acertada que potenció las habilidades cognitivas de identificación de los estudiantes, en un proceso de enseñanza dinámico que permitió que el conocimiento sea una construcción. El uso de este tipo de herramientas visuales, además fomenta el interés de los alumnos de nivel superior en particular, y del público en general, en los materiales geológicos.

Bibliografía

- Albarrán Torres, F. A., y Díaz Larenas, C. H. (2021). Metodologías de aprendizaje basado en problemas, proyectos y estudio de casos en el pensamiento crítico de estudiantes universitarios. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 25(3).
- Caamaño, A. y Vilches A. (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo. *Enseñanza de las Ciencias*, Tomo 2 (VI Congreso). 21-22pp.
- Castagnola Rossini, G. M., Cárdenas Saavedra, A., Sánchez Farias, M. L. y Leiva Bazan, Z. D. (2021). Aprendizaje cooperativo en una Universidad Nacional Peruana, 2021. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(6), 22-27pp.
- Durán Olivos, Y. y Álvarez Florez, R. A. (2018). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza para favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. Una experiencia con estudiantes y docentes de grado cuarto de las instituciones educativas Centro Social y Lorgio Rodríguez. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_docencia_yopal/47 - Última visita: 13/11/2023
- Duque-Cardona, V., y Largo-Taborda, W. A. (2021). Desarrollo de las competencias científicas mediante la implementación del aprendizaje basado en problemas (abp) en los estudiantes de grado quinto del Instituto Universitario de Caldas (Manizales). *Panorama*, 15(1 (28), 143-156pp.
- Espinoza Freire, E. E. (2021). El aprendizaje basado en problemas, un reto a la enseñanza superior. *Conrado*, 17(80), 295-303pp.
- Esteban Santos, S. (2003) La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 399-415pp.
- Furman, M. (2016). Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia. Documento básico. XI Foro Latinoamericano de Educación - - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Santillana.

- Furman, M. y Podestá, M. (2009). *La Aventura de Enseñar Ciencias Naturales*. 255 págs. pp. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Furman, M. y Podestá, M. (2021). *La Aventura de Enseñar Ciencias Naturales*. 272pp.- 2a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Gil, D. y A. Vilches (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43. 27-37pp.
- Howland, J.L.; Jonassen, D.H. y Marra, R.M. (2011) *Meaningful Learning with Technology* (4th ed.). New York: Allyn y Bacon.
- Iriondo, M. (2009). *Introducción a la Geología*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Edit. Brujas.
- Lanteri, A., Fernández, L. y Gallardo, F. (2004). Nomenclatura Biológica. 21-33 pp. En: Lanteri, A. y Cigliano, M. (Eds) *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones*. EDULP. 241 págs.
- López Carrillo, M. D. y de la Cruz Vicente, Omar. (2016) Colecciones y claves dicotómicas. Clasificar e identificar elementos naturales desde niños. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid. Alambique. 84. 55-60pp.
- Martínez Pinedo, P. (2020) Clave dicotómica en formato digital como recurso en educación primaria: una propuesta didáctica. Trabajo fin de grado. https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/50961/TFG_Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1 Último acceso: 13/11/2023.
- Medina Bustamante, S. M. (2021). El aprendizaje cooperativo y sus implicancias en el proceso educativo del siglo XXI. *INNOVA Research Journal*, 6(2), 62–76pp.
- Melgarejo, T. F. V. (2020). Aprendizaje cooperativo y la formación docente por competencias en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. *Horizonte de la Ciencia* 11 (20). 234-242pp.

- Meroño, L.; Calderón, A. y Arias-Estero, J. L. (2021). Pedagogía digital y aprendizaje cooperativo: efecto sobre los conocimientos tecnológicos y pedagógicos del contenido y el rendimiento académico en formación inicial docente. *Revista de Psicodidáctica*. Volumen 26 (1). 53-61pp.
- RAE, 2023. <https://dle.rae.es/dicotom%C3%ADa> Ultimo acceso 13/11/2023.
- Santa Cruz, J., Orfeo O. y Gulisano F. (2019) *Geología de la Provincia de Corrientes-Argentina y cuencas geotectónica relacionadas*. Ed. Moglia. 269 págs.
- Tarbuck E. J. y F.K. Lutgens (2013) *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Ed. Prentice Hall, Madrid. 852 págs.
- Ticona Contreras, J. G., Medina Sandoval, R. J., Romaní Bazán, B. S. y Criado Davila, Y. V. (2021). Trabajo y Aprendizaje Colaborativo en la Universidad. *Aproximaciones en Pandemia*. IGOBERNANZA, 4(16), 88–104pp.
- Soles, J. & Vilches, Amparo. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 22 (3), 337-347pp.
- Verónica Godoy, A.; Segarra, C. I.; Di Mauro, M. F. (2014). Una experiencia de formación docente en el área de Ciencias Naturales basada en la indagación escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias [en línea]*. Vol. 11(3), 381-397pp.
- Vilches, A. M.; Legarralde, T. I.; Berasain, G. (2012) *Elaboración y uso de claves dicotómicas en las clases de biología*. En: III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 26, 27 y 28 de septiembre de 2012, La Plata, Argentina. En *Memoria Académica*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.3723/ev.3723.pdf
- Wicander, R. y Monroe, J., 2000. *Fundamentos de Geología*. México. International Thomson Editors. 112 págs.