

**LA ENSEÑANZA DEL CICLO DE LAS ROCAS Y PLACAS TECTÓNICAS:
UNA MIRADA DESDE EXPERTOS EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA
Y EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Tesis presentada al
Departamento de Estudios Graduados
Facultad de Educación
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
como requisito parcial para
obtener el grado de Maestría en Educación
con Especialidad en Investigación y Evaluación Educativa

Por

Julián J. López-Morell

© Derechos reservados, 2024

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Educación

**LA ENSEÑANZA DEL CICLO DE LAS ROCAS Y PLACAS TECTÓNICAS:
UNA MIRADA DESDE EXPERTOS EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA
Y EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Julián J. López-Morell

(Bachillerato en Artes en Educación Secundaria con concentración Ciencia
General en la facultad de Educación, Universidad de Puerto Rico, Recinto de
Río Piedras, 2016)

Aprobada el 14 de mayo de 2024 por el Comité de Tesis:

Juan P. Vázquez Pérez, Ph.D.
Director de Tesis

José Soto Sonera, Ed.D.
Miembro del Comité

Víctor E. Bonilla Rodríguez, Ph.D.
Miembro del Comité

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico especialmente a mi madre Julia Milagros Morell Alomar, por apoyarme incondicionalmente durante todo este proceso y por ser parte de mi red de apoyo y no permitir que me rindiera en ningún momento durante este proceso. Mami gracias por siempre confiar en mí, la persona que soy hoy día es gracias a ti y todo tu esfuerzo. Además, quiero agradecer a mi hermano, abuela, tío y otros familiares. Por último, quiero agradecer a todas mis amistades que estuvieron presente durante todo mi proceso y han permanecido al lado mío.

RECONOCIMIENTOS

Este logro no hubiese sido posible sin el apoyo y respaldo recibido por mi director por el Dr. Juan P. Vázquez Pérez, gracias por su dedicación y por siempre estar disponible para clarificar todas mis dudas. Es usted un excelente profesor y agradeceré eternamente todo el esfuerzo que me brindó. Fue un honor tenerle como director de tesis; me llevo todos los aprendizajes de sus cursos. De igual forma, quiero agradecer al Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez por todo su apoyo, recomendaciones en mi trabajo y proceso personal y palabras de motivación para continuar durante toda mi maestría. Sobre todo, gracias por ayudarme en la elección de cursos para crecer en el campo de la evaluación. Asimismo, agradezco al Dr. José Soto Sonera por formar parte de mi comité de tesis. Sus aportaciones fueron muy importantes para perfeccionar lo referente a la enseñanza de las ciencias.

Además, quiero reconocer a las profesoras Dra. María del R. Medina Díaz y a la Dra. Claudia X. Álvarez por guiar, enriquecer y formar una gran parte de mi desarrollo profesional investigativo y evaluativo a través de sus cursos. De igual forma, le doy las gracias a todos esos profesores que me brindaron consejos, recomendaciones y estrategias para mejorar mi investigación. Por otro lado, deseo reconocer a John Ramírez y a Edjean Calderón por brindarme la oportunidad de trabajar en el campo evaluativo y ofrecer recomendaciones que me ayudaron en mi crecimiento profesional.

Quiero reconocer a una gran amiga que la maestría me regaló Ileana Ayala por ayudarme durante toda mi maestría y sobre todo por sacar de tu

tiempo para revisar mis escritos muchas gracias. De forma similar, quiero agradecerle a Gilemi Sepúlveda por ser una gran amiga, ofrecer recomendaciones para mejorar mi investigación, brindar apoyo incondicional y sobre todo por aconsejarme para solicitar a este gran programa de maestría. Por último, les doy las gracias a estos seres que han formado parte de mi vida a través de los años y forman una gran parte de mi red de apoyo: Liz N. Santiago, Edgardo López, Luzvina Alomar, Julio Morell Alomar, José Gil Santaella, Anthony Alarcón, Alejandro Cotto, Norgie Rivera, Heber Soto, Carlos Chévere, Ángel Reyes, Gabriel López, Luis David Reyes, Ian Camilo, Paola Diaz, Kalynette Ramos, Paola del Mar, Mariana Rosado, Luz Santana, Gabriela Canals y Adriana del Mar. También deseo mencionar a mi grupo de INEVA Audrey Rosa, Sarah Rosario, Jomarie Ortiz y Joliannie Maldonado.

Y sobre todo a mis dos hijas perrunas Gamma Sofía y Artemisa por ser las hijas más lindas y buenas del mundo.

RESUMEN DE LA TESIS

LA ENSEÑANZA DEL CICLO DE LAS ROCAS Y PLACAS TECTÓNICAS: UNA MIRADA DESDE EXPERTOS EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y EN CIENCIAS AMBIENTALES

Julián J. López Morell

Director de la tesis: Juan P. Vázquez Pérez, Ph.D.

Debido a la concurrencia de fallas geológicas que generan sismos y la ubicación de Puerto Rico en una zona de alta actividad sísmica, sumado a la deficiente alfabetización científica sobre el ciclo de las rocas y las placas tectónicas por parte de la población puertorriqueña. Esta investigación se enfocó en auscultar la perspectiva de los profesores expertos de la educación científica y de la materia en las estrategias de enseñanza para los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Para esto, se implementó la metodología cualitativa con la modalidad de estudio cualitativo básico, de manera exploratoria, para la indagación acerca de las cualidades de estos conceptos. A partir de las preguntas de investigación se elaboró una guía de preguntas para realizar entrevistas semiestructuradas acerca del tema bajo estudio. Cabe resaltar, que se utilizó la selección intencional de con el método de caso típico y participaron siete profesores expertos en los campos de la enseñanza de las ciencias, geografía, geología y ciencias naturales. Luego de completar el proceso de recopilación por medio de las entrevistas con los profesores, se analizó la información con el modelo de Creswell y Guetterman (2019) y las seis etapas que aplican. Las conclusiones más relevantes fueron las siguientes las siguientes: (a) las estrategias para enseñar deben basarse en representaciones

visuales y concretas en torno al conocimiento específico, debido a la complejidad de los temas; (b) la enseñanza debe tener una secuencia lógica para que los estudiantes observen lo relevante y pertinente que son los temas para su vida diaria; y (c) los docentes deben atemperar los temas que se discutirán en la clase utilizando la integración de distintas estrategias y de esa forma se enriquecerá los cursos de la clase.

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RECONOCIMIENTO	iv
RESUMEN DE LA TESIS	vi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	
Trasfondo.....	1
Problema de la investigación	6
Justificación	10
Propósitos.....	12
Preguntas de investigación.....	13
Definiciones de conceptos claves.....	14
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	
Introducción	17
Marco teórico.....	17
Modelos teóricos para la enseñanza de la ciencia tradicional	20
Modelo tradicional	22
Modelo tecnológico	23
Modelo artesano-humanista	24
Modelo descubrimiento-investigativo	24
Modelo constructivista-reflexivo.....	25

Teoría de la Deriva Continental y las Placas Tectónicas	26
Formación de futuros maestros de Ciencia.....	30
Cursos profesionales versus cursos de especialidad	32
Métodos para enseñar	36
Conocimiento didáctico del contenido.....	40
Marco empírico: investigaciones acerca de la enseñanza de la Ciencia .	42
Investigación en acción: aprendizaje de las Ciencias.....	42
Investigaciones cuantitativas: enseñanza de las Ciencias.....	44
Investigaciones cualitativas: enseñanza de las Ciencias	47
Investigaciones con métodos mixtos: enseñanza de las ciencias	48
Resumen	53
CAPÍTULO III. MÉTODO	
Introducción	57
Metodología.....	59
Modalidad de la investigación.....	62
Selección de participantes	63
Características de los participantes.....	65
Procedimiento.....	66
Aspecto administrativo	66
Contacto inicial	66
Recopilación de la información.....	68
Entrevista semiestructurada	68
Descripción.....	70

Evidencias para la calidad interpretativa	71
Análisis de la información	73
Aspectos éticos de la investigación.....	76
CAPÍTULO IV. HALLAZGOS	
Introducción	79
Descripciones iniciales.....	80
Contexto de la investigación.....	81
Recopilación de información.....	82
Proceso para análisis de la información.....	83
Participantes: Características y roles	85
Exposición de los hallazgos.....	86
Enseñan de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas:	
Estrategias, actividades y recursos didácticos.....	87
Estrategias para enseñar su utilidad	88
Actividades para complementar la enseñanza	95
Recursos didácticos y su importancia	100
Aspectos específicos en la enseñanza de los conceptos de las placas	
tectónicas y el ciclo de las rocas: énfasis y recomendaciones.....	104
Conceptos relevantes incluidos en cursos universitarios	105
Énfasis al enseñar los temas y conceptos	111
Aspectos negativos en torno a la enseñanza de los temas y conceptos..	122
Limitaciones al aplicar temas o conceptos	124
Retos al presentar el tema o conceptos.....	125

Recomendaciones para que los maestros enseñen los temas y conceptos	131
Recomendaciones para concienciar a estudiantes en torno a la relevancia de conocer acerca de estos temas y conceptos	133
Importancia acerca del dominio del tema por el maestro	145
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Introducción	152
Discusión de los hallazgos	153
Estructuración del provecho de enseñanza de los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas: Prácticas y recursos específicos, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia del contexto puertorriqueño	153
Enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas por los profesores	158
Recomendaciones de los profesores para la enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas	160
Recomendaciones para concienciar a estudiantes en torno a la relevancia de conocer acerca de estos temas y conceptos	163
Importancia acerca del dominio del tema por el maestro	167
Conclusiones	168
Limitaciones metodológicas de la investigación	174
Líneas futuras de investigación	175
Recomendaciones desde los hallazgos	176
REFERENCIAS	179

APÉNDICES

A. Certificación del Citi Program	190
B. Hoja de consentimiento informado	192
C. Protocolo de preguntas para la entrevista.....	197

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 Categorías para análisis y su descripción83

Tabla 4.2 Profesores participantes y sus áreas de especialidad.....85

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Macrocategorías y categorías	83
Figura 4.2 Macrocategoría enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas: Estrategias, actividades y recursos didácticos	86
Figura 4.3 Macrocategoría aspectos específicos en la enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas: énfasis y recomendaciones.....	104
Figura 4.4 Macrocategoría aspectos negativos en torno a la enseñanza de los temas y conceptos.....	122
Figura 4.5 Macrocategoría recomendaciones para que los maestros enseñen los temas y conceptos.....	131

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo

Puerto Rico es un conjunto de islas que forman parte del archipiélago de las Antillas que, a su vez, está situado en una zona sísmicamente activa (Profesor 5, 2023; Caldera, 2020). A través de la historia, fuertes terremotos han afectado al País, causando la muerte de más de un centenar de personas y millones de dólares en pérdidas. Varios de estos terremotos han estado asociados con fallas geológicas activas en el mar. Según la Red Sísmica de Puerto Rico (2020c), el primer dato que se obtuvo sobre un terremoto significativo en la región del Caribe fue en septiembre 8 de 1615. Este terremoto se registró en República Dominicana y su magnitud se extendió a Puerto Rico causando daños en su infraestructura. Sin embargo, el terremoto que más ha afectado a Puerto Rico se registró el 2 de mayo de 1787. Aunque, el epicentro no pudo especificarse, se ubicó en algún lugar cercano a la Trinchera de Puerto Rico, con una magnitud aproximada de 8.0 o más en la escala de Richter (Molinelli-Freytes et al., 1990). Los municipios que más se perjudicaron fueron San Juan, Bayamón, Toa Baja, Ponce, Arecibo y Mayagüez.

El segundo terremoto que devastó grandemente a Puerto Rico ocurrió el 11 de octubre del 1918, 131 años después, con una magnitud estimada de 7.3 en la escala de Richter (Molinelli-Freytes et al., 1990). Según este autor, el terremoto generó un tsunami que alcanzó 20 pies de altura en Punta Agujereada en Aguadilla y cinco pies en Mayagüez. Como consecuencia, un total de 208

personas murieron y las pérdidas por daños a la propiedad se estimaron en más de cuatro millones de dólares. Las réplicas de este terremoto se prolongaron durante varios meses, las más fuertes se registraron el 24 de octubre y el 12 de noviembre de ese mismo año (Ecoexploratorio Museo de Ciencia de Puerto Rico, 2020c).

Para profundizar en la situación sísmica de Puerto Rico, resulta crucial comprender la dinámica de las placas tectónicas y su influencia en la región. La litosfera es una capa sólida que se encuentra sobre el manto y por debajo de la corteza terrestre. Esta capa se divide en dos clases, la corteza continental que es más gruesa y la corteza oceánica que es más delgada. En general, la litosfera consta de 12 placas que forman un mosaico similar al de un rompecabezas en movimiento. Las placas tectónicas interactúan de diversas maneras en sus bordes, rozándose, colisionando frontalmente o separándose. En un movimiento telúrico, una placa se va a sobreponer sobre la otra dependiendo de qué corteza es más gruesa. Por consiguiente, cuando las placas se mueven y se ajustan pueden ocasionar una liberación de energía repentina en forma de ondas sísmicas llamadas terremotos. Puerto Rico se encuentra situado en el borde convergente de la placa del Caribe, que se desplaza hacia el este, y la placa de Norteamérica, que se mueve hacia el suroeste. La fricción entre estas placas en direcciones opuestas, junto con las fallas geológicas presentes en la isla, son los principales responsables del riesgo sísmico en la región (Hillerbrandt, 2020, como se cita en Pérez, 2020). Por tal razón, desde la Red Sísmica de Puerto Rico se destacó que la falla geológica

que causó los sismos¹ que ocurrieron a partir del 28 de diciembre del 2019 fueron el resultado de la acumulación de energía en las rocas bajo la tierra de esa zona (Hillerbrandt, 2020, como se cita en Pérez, 2020).

Desde que comenzaron a sentirse los sismos en el Sur de Puerto Rico, el 28 de diciembre de 2019, se han registrado un aproximado de más de 7,000 replicas en el periodo de un año. Estas replicas se relacionaron directamente con la destrucción de decenas de edificios y el desplazamiento de cientos de familias a refugios ubicados en la intemperie (Red Sísmica, 2020c). La interrupción de la energía eléctrica, la fragilidad de la infraestructura en toda la zona suroeste y el agotamiento de suministros de primera necesidad en varias partes de la isla provocaron la declaración de un Estado de Emergencia y la activación de la Guardia Nacional (teleSur, 2020). No obstante, más allá de los daños materiales, ha sido la salud mental de los ²puertorriqueños lo que más ha requerido la movilización de profesionales de la conducta humana.

Según el geomorfólogo puertorriqueño Molinelli-Freytes (2020), debido al aumento de la población y al incremento de las edificaciones vulnerables a sismos, los daños ocasionados por un terremoto de similar magnitud a los del pasado serían considerablemente mayores en la actualidad. Vergara-Díaz et al. (2020) sostienen que si estos hallazgos se analizan desde la perspectiva del conocimiento que tienen los puertorriqueños acerca de lo que provoca un

¹ Se utiliza como sinónimo de terremoto.

² En esta tesis se utilizará el plural en masculino como inclusivo de ambos sexos, siguiéndose así las recomendaciones de la Real Academia de la Lengua Española, entre regulador de este idioma.

terremoto y en cómo prepararse y actuar antes, durante y después de este, puede afirmarse que se tiene poca o ninguna noción. La posibilidad de un evento sísmico es constante, por lo que resulta importante desarrollar la capacidad de tomar decisiones adecuadas durante su ocurrencia. Por ese motivo, dichas autoras argumentan, que es medular adquirir un conocimiento relevante sobre el comportamiento de las placas en la tierra y los posibles impactos sociales. De forma similar, Eppinga et al. (2019) sustentaron que cuando la enseñanza de las ciencias se basa en la discusión de conceptos abstractos, en la sala de clase, sólo contribuirá de forma limitada al conocimiento sobre cómo responder ante el desarrollo de algún evento. Asimismo, Eddif et al. (2015) desde su investigación acerca de la enseñanza de las ciencias, concluyeron que es importante auscultar los conocimientos previos de los estudiantes antes de conceptualizar e intentar que adquieran algún sentido de alfabetización científica. Una vez los maestros conozcan el nivel de conocimiento de los conceptos, se facilitará el aprendizaje de los estudiantes. De esta forma, se prepara una sociedad para poder mitigar las acciones incorrectas durante una crisis.

Por tanto, a partir de estos argumentos se torna vital analizar el rol de los educadores del País, especialmente el de los maestros de Ciencia, a quienes les corresponde enseñar el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Por desgracia, como parte de los secuenciales curriculares de los programas de educación superior para preparar maestros en Ciencias Naturales en las universidades del país no incluyen un curso requerido de ciencias terrestres o geología, lo que impide que los futuros docentes profundicen en este tema y en

las metodologías de enseñanza adecuadas. Esto, representa una brecha en el conocimiento necesario para guiar el proceso de enseñanza, debido a que, si los candidatos a maestro de ciencia nunca han estudiado este tema como parte de sus cursos de concentración, no contarán con el conocimiento ni con los recursos didácticos para enseñar cómo responder a estos eventos en Puerto Rico.

A la luz de lo expuesto, resulta crucial investigar el proceso de enseñanza sobre sismos y formación de las rocas desde la perspectiva de la preparación de los maestros. Pues, en el contexto puertorriqueño, ante la realidad de la susceptibilidad sísmica, todo ciudadano debería tener el conocimiento para responder a las situaciones que se desprenden de un fenómeno como este. Por tanto, deben indagarse cualitativamente las estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, junto con recursos didácticos apropiados, desde la perspectiva de expertos en educación científica y en ciencias ambientales. De esta forma, la implementación de prácticas específicas en la enseñanza del tema de terremotos permitiría a los futuros maestros de Ciencia desarrollar el conocimiento didáctico necesario para transmitir efectivamente el contenido a sus estudiantes. Esto, a su vez, contribuiría a la concientización ciudadana sobre los terremotos desde una edad temprana.

Problema de investigación

Para plantear el problema que se profundizó en esta investigación en particular, se puso énfasis en tres elementos; (a) Situaciones que anteceden al

problema; (b) Problema; y (c) Cómo afecta el problema. En las situaciones que anteceden al problema se presentaron aspectos acerca de la ubicación geográfica de Puerto Rico y los terremotos registrados a lo largo de la historia. En el problema, se habrá explicitado acerca de la falta de conocimiento, recursos y estrategias para enseñar aspectos que se relacionan con los terremotos, como parte del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Finalmente, en el epígrafe cómo afecta el problema, se han expuesto las consecuencias negativas que acarrea el problema, si este no trata de resolverse.

Situaciones que anteceden al problema

Puerto Rico se encuentra en una zona activa en la cual se han documentado diferentes eventos sísmicos. A través del tiempo, se han registrado sismos de diferentes magnitudes que han afectado a toda la Isla, desde el temblor más fuerte en el año 1787 hasta en la actualidad, en 2020, que ha sido el más reciente en el nivel de impacto. Precisamente, en el año 2019, la sismicidad en Puerto Rico había alcanzado un total 2,536 sismos más que los que se registraron en el 2018, siendo más fuerte durante el mes de diciembre (Red sísmica de Puerto Rico, 2020c).

El tema de los terremotos se enseña como parte del ciclo de las rocas y las placas tectónicas en el curso de Ciencias Terrestres. Este curso se ofrece regularmente en los niveles académicos de intermedia y superior, por ejemplo, el en el noveno grado. En efecto, según el prontuario del curso Ciencias Terrestres y del Espacio, en la unidad T.3 se indicó lo siguiente:

El estudiante investiga y comprende los movimientos tectónicos y su relación con los terremotos y los volcanes. Aprende sobre las características geológicas de Puerto Rico que se han formado como resultado de los movimientos de las placas tectónicas. Reconoce cómo el flujo de energía y sus cambios pueden causar los fenómenos naturales.

(Departamento de Educación de Puerto Rico, 2022, p. 4)

Por tanto, partiendo de esta descripción se espera que a los maestros a los que se les asigne el curso posean el conocimiento necesario para guiar el proceso de aprendizaje de sus estudiantes y así, despertar conciencia respecto a lo que implica un terremoto. De esta forma, puede crearse una cultura a nivel de País, que redunde en una preparación constante antes, durante y después de un fenómeno como este. Esto puede lograrse, únicamente si se cuenta con recursos didácticos y el conocimiento apropiado para que se dé un aprendizaje para la vida en los estudiantes.

Problema

Las observaciones del subepígrafe anterior se ven reforzadas por Vega (2020), quien señala que la deficiente educación en Puerto Rico genera una carencia de pensamiento crítico y ciencia científica, lo que a su vez impide a los ciudadanos discernir y analizar adecuadamente los eventos sísmicos. Este autor señala, que la ciudadanía no está lo suficientemente educada para discernir o para analizar un desastre natural de esta magnitud. Además, tampoco el gobierno dispone de unos protocolos a seguir en caso de este tipo de eventos (Vega, 2020). Por otro lado, Simsek (2007) expresó que, aunque es imposible

evitar que ocurra un desastre natural, como lo es un terremoto, no se debe ignorar que el grado del daño ocurrido está ligado al nivel de consciencia científica de las personas. A esto, Simsek añadió que, en la medida en que la sociedad se eduque de forma adecuada sobre los conceptos científicos específicos, mejor será la respuesta durante una situación de emergencia.

Considerando esta perspectiva, es necesario dirigir la mirada hacia los maestros de Ciencia, quienes imparten el curso de Ciencias Terrestres, donde se abordan temas relacionados con los terremotos en el contexto del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Existe la posibilidad de que este tema, se haya trabajado en el pasado de forma superficial, sin necesariamente, prestarle atención desde la relevancia que tiene el que un ciudadano puertorriqueño lo aprenda con completitud y corrección. LoPresto et al. (2016) sostuvieron que los profesores universitarios deben proporcionar una instrucción efectiva que transforme a los estudiantes y a su vez, desarrollaren habilidades de pensamiento crítico de forma amplia en varias disciplinas. También, Simsek (2007) reafirmó que mientras más las personas aplican la teoría de la enseñanza de las ciencias se minimizarán los daños ocurridos en la zona geográfica que se encuentre. Por este motivo resulta muy importante, comunicar las causas y efectos que ocurren durante eventos sísmicos en un país, porque de este modo se mejoran las estrategias para disminuir la cantidad de damnificados durante estos (Mohadjer et al., 2010). Debido a esta razón y la falta de información brindada a los estudiantes, es medular que los maestros estén preparados al discutir los conceptos.

La dificultad en la enseñanza de terremotos a estudiantes puertorriqueños puede estar vinculada, en parte, a la formación de los futuros maestros de Ciencias. Si bien estos deben cursar asignaturas que los preparen para ofrecer el curso de Ciencias Terrestres, la realidad es que los programas académicos para la formación de maestros de Ciencia General en las diferentes universidades del país no exigen un curso de Ciencias Terrestres, Ciencias Ambientales o Geología (como parte de su secuencia curricular) que profundice en el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Tampoco se cuenta con un curso a través del cual se les faciliten diversos recursos diversos para enseñar este tema (ya sea de ciencias, de educación científica o pedagogía en ciencias) o, incluso, las guías para estructurar el proceso. Esto sería ideal, pues los futuros maestros tendrían una formación desde la que puedan enriquecer los procesos educativos con información actualizada. Al respecto, Molinelli-Freytes et al. (1990) afirmaron que, es muy importante fomentar el uso de fuentes oficiales como lo son la Red Sísmica de Puerto Rico y el Negociado de Manejo de Emergencias. Pues, la falta de conocimiento es lo que lleva a la población puertorriqueña a la desinformación y el pánico, lo que los maestros podrían remediar.

Cómo afecta el problema

Así pues, si a los maestros de Ciencia no se les prepara adecuadamente para enseñar el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, con énfasis en recursos y guías didácticos, tendrá como consecuencia una brecha en la falta de consciencia científica por parte de los ciudadanos puertorriqueños. Al

respecto hay que decir que los eventos sísmicos continúan activos en el conjunto de islas que conforman a Puerto Rico, o en zonas cercanas a este, por lo que podrían acarrear o perpetuarse consecuencias negativas tales como: (a) desesperación y pánico; (b) falta de preparación periódica en el hogar; y (c) suicidios (Meléndez, 2020). Además, el sistema universitario del país continuará formando maestros de Ciencia sin el conocimiento y las habilidades pedagógicas indispensables para impartir efectivamente los contenidos específicos que podrían ser parte de su futura asignación docente. Esto, podría agravar las consecuencias negativas que se mencionaron anteriormente, ya que este problema de base tiene un efecto en cadena, que redundando en la ciudadanía y su actuación ante fenómenos naturales, particularmente los terremotos. Por tanto, puede afirmarse que la falta de un currículo apropiado y de una sociedad educada en la educación científica, trae como consecuencia lo ocurrido en diciembre del 2019, ya que la población tenía poco conocimiento para poder lidiar con la situación de la emergencia post-terremoto. Alkis-Kucukaydin (2019) afirmó que se le debe otorgar un gran énfasis en la enseñanza para las ciencias y el conocimiento didáctico que se requiere para enseñarla, pero esto dependerá de cuán profundo los maestros dominen los conceptos específicos.

Justificación del estudio

Realizar la presente investigación ha sido pertinente porque a través de esta se indagó acerca de cómo se debe enseñar el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas con énfasis en el contexto de Puerto Rico, como parte del curso de Ciencias Terrestres que, regularmente se ofrece en el noveno grado

dentro del sistema educativo público del País. Esta pertinencia se extiende, debido a que la ubicación de Puerto Rico respecto a las placas tectónicas hace que se esté en constante actividad sísmica. Por consiguiente, la ciudadanía debe estar más concienciada acerca de esto y comprender cuales son las medidas preventivas disponibles para mitigar los riesgos asociados.

Respecto a la conveniencia de realizar esta investigación cabe destacar que, hasta el momento en que se redactó este documento, no se identificaron investigaciones en Puerto Rico en las que se abordará la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, desde el punto de vista de cómo los profesores universitarios lo enseñan o, incluso, lo que recomiendan para que se enseñe este tema con énfasis en los terremotos y lo que esto representa. Tampoco se ha encontrado información acerca de investigaciones a través de las que se estudie la metodología de enseñanza de los profesores universitarios para preparar a los futuros educadores en los conceptos de ciclo de las rocas y las placas tectónicas en Puerto Rico. Según Molinelli-Freytes (2020), una parte de la población que no tenía estudios previos en el tema de las placas tectónicas, enviaron información sin una fundamentación científica sobre los sismos a la Red Sísmica de Puerto Rico. A causa de esto, lo único que se logró fue alarmar a la población y a los ciudadanos más afectados del área sur de Puerto Rico (Molinelli-Freytes, 2020). Partiendo de esto, es evidente que los conocimientos científicos que no se ponen en práctica se desvanecen con el tiempo, especialmente si el aprendizaje no es significativo.

Asimismo, puede afirmarse que a través de esta investigación se completaron recomendaciones específicas para enseñar el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, lo que puede fomentar en una formación más concreta para los futuros maestros de Ciencia del País. En efecto, hace falta enseñar cómo facilitar los conocimientos a los estudiantes de forma significativa y así, que resulte en la asimilación contextualizada al entorno puertorriqueño. Pues, una sociedad desinformada y que, por tanto, no aprenda a valorar la importancia de este tema para el futuro, no podrá manejar de forma adecuada la situación ante un terremoto y, como consecuencia, no se podrán minimizar los daños. Por ese motivo, es fundamental crear una sociedad puertorriqueña consciente de que viven en una zona de actividad sísmica recurrente y que, en cualquier momento puede ocurrir un movimiento de la tierra.

Propósitos

A raíz de la reciente actividad sísmica en Puerto Rico y el temor a su recurrencia, es imperativo que la población se eduque sobre este tema crucial para mejorar su preparación y reducir su vulnerabilidad. De forma particular los maestros de Ciencia que incluyen en los cursos que ofrecen los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Por ende, a través de esta investigación se:

- indagó en torno a las estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, que recomiendan expertos en educación científica y en ciencias ambientales;

- profundizó acerca de las estrategias para enseñar tales contenidos, desde la perspectiva de la utilización de recursos didácticos específicos aplicables al contexto puertorriqueño; y
- se recomendaron prácticas específicas para concretar la estructura para guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia.

Preguntas de la investigación

Dado que en la investigación se utilizaron métodos para indagación a través de un estudio cualitativo básico, de manera exploratoria, Creswell y Guetterman (2019) recomendaron que se utilice una pregunta central de investigación seguida de preguntas específicas. Estas facilitaron la recopilación de información acerca de todas las áreas o aspectos que componen la pregunta central. Así pues, la pregunta central de este estudio es:

¿Cómo debe estructurarse el proceso de enseñanza de los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, a base de prácticas y recursos específicos, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia del contexto puertorriqueño?

En consecuencia, a partir de la pregunta central de la investigación, se presentan las preguntas específicas, a saber:

1. ¿Qué estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas recomiendan los expertos en educación científica y en ciencias ambientales?
2. ¿Cómo comparan las estrategias recomendadas para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, desde la perspectiva de la utilidad para educar en torno a estos temas?
3. ¿Qué recursos didácticos sirven para complementar la especificidad de las estrategias para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?
4. ¿Qué puede recomendarse a los futuros maestros de Ciencias para concretizar la estructura para guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, para fomentar el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido?

Definiciones

Para facilitar el entendimiento de los planteamientos realizados a lo largo de la investigación, se ofrecen las definiciones de los conceptos clave a los que se hará referencia. El sentido de ofrecer estas definiciones es guiar al lector hacia el uso que se emplea de cada concepto, de forma particular, en esta investigación. Cabe resaltar, que puede haber conceptos que tienen distintas acepciones, por lo que se expondrá cuál acepción se utiliza y su aplicabilidad. A continuación, se definen los conceptos más relevantes:

- **falla geológica:** es una fractura en la corteza de la Tierra que separa dos masas de rocas, y donde una de las masas de rocas se ha desplazado con

respecto a la otra (EcoExploratorio, 2020b).

- **magnitud de sismo:** es la medida de la energía liberada por un terremoto a base de los registros obtenidos por los sismómetros (Red Sísmica de Puerto Rico, 2020a).
- **Red Sísmica de Puerto Rico:** Es una entidad del Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez y opera unas 30 estaciones sísmicas en Puerto Rico (Red Sísmica de Puerto Rico, 2020b).
- **sismos:** Es una sacudida repentina en la cual se libera la energía acumulada en la corteza o manto superior de la tierra (Red Sísmica de Puerto Rico, 2020b). Se utiliza como sinónimo de terremoto.
- **tsunamis:** Un maremoto o tsunami consiste en una serie de olas que se generan por perturbaciones en la columna de agua, ya sea por un terremoto, erupción volcánica, deslizamiento o impacto de un objeto. (EcoExploratorio, 2020a).
- **alfabetización científica:** Busca promover una educación en ciencia a las personas, por medio, del desarrollo de conocimiento, habilidades y valores necesarias para la toma de decisiones y soluciones responsables en relación con su realidad. Además, permite el uso del conocimiento adquirido en la vida cotidiana con el objetivo de mejorar las condiciones de vida (García & Martínez, 2015).
- **Litosfera:** es un suelo rígido que flota sobre la astenosfera más débil (Villaseñor, 2015).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Introducción

El propósito de este capítulo es presentar la revisión de literatura para centrar el tema bajo estudio desde expositores y teorizantes relevantes. Como parte de esta tesis se abordó la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, indagó en torno a las estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, y se indicaron las recomendaciones por parte de los expertos en educación científica y en ciencias ambientales. Por esta razón, se identificó una literatura aplicable al contexto de la investigación y así, se dio paso a la recopilación de información a base del entendimiento previo del fenómeno bajo estudio y a la identificación de factores que incidieron en este.

De forma específica en este capítulo se expuso la información acerca de los siguientes epígrafes: (a) Marco teórico, con énfasis en la enseñanza de las ciencias y en la deriva continental y las placas tectónicas; (b) Formación de futuros maestros de ciencia; (c) Métodos para enseñar ciencias; y (d) Marco empírico: investigaciones acerca de la enseñanza de las ciencias.

Marco teórico

El propósito de la enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela es favorecer la alfabetización científica de los ciudadanos desde una etapa temprana de la niñez, con el objetivo de que, comprendan conceptos, practiquen procedimientos y desarrollen actitudes y/o destrezas que le permitan participar

de una cultura analítica y crítica ante la información emergente (Mateu, 2005). Además, Mateu (2005) indicó que la enseñanza en las ciencias naturales debe respetar el derecho de los niños de aprender a observar y comprender su entorno. Por ese motivo, Boarini et al. (2020) afirmaron que la ciencia debe conceptualizarse o concebirse como una a base de hechos que permiten describir la realidad educativa como un asunto social, desde el que se dirige el estudio con énfasis en la descripción de sus causas físicas y observables. Por su parte, Prieto y Sánchez (2017) sostuvieron que en las ciencias naturales se integra todo un proceso de desarrollo y maduración en el pensamiento de los estudiantes. Pues, según estos autores, en las ciencias naturales se tiene como objetivo promover discusiones concretas que aporten elementos teóricos-prácticos en los que se logre evidenciar relaciones necesarias y fundamentales.

En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia, que auspició la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (por sus siglas UNESCO) y el Consejo Internacional para la Ciencia, que se llevó a cabo en el año el 1999, se estableció lo siguiente:

Las ciencias deben estar al servicio del conjunto de la humanidad y contribuir a dotar a todas las personas de una comprensión más profunda de la naturaleza y la sociedad, una mejor calidad de vida y un medio ambiente sano y sostenible para las generaciones presentes y futuras. (p. 7)

En esta conferencia, se concluyó que la ciencia debe convertirse en un bien compartido solidariamente en beneficio de toda la población. Puesto que, además, la ciencia constituye un instrumento poderoso para comprender los

fenómenos naturales y sociales, de modo que, permite conocer mejor las complejidades que existen entre la sociedad y el mundo natural.

A partir de este fundamento, durante las últimas décadas, los países de América Latina y el Caribe han conseguido avances significativos en la alfabetización científica y en la educación en Ciencia, pero aún continúa pendiente el desafío de mejorar la calidad de esta (UNESCO, 2016). Asimismo, la Asociación de Educación en Ciencias de la Universidad de *Hertfordshire* en Reino Unido, a través de una extensa revisión literaria y diálogos con un grupo de expertos en la materia establecieron 10 principios de la educación en Ciencia. Los principios más importantes son el dos, el cinco y el seis. En el dos se indicó que, “el objetivo principal de la educación en ciencias debería ser capacitar a todos los individuos para que informadamente tomen parte en las decisiones y participen en acciones que afectan su bienestar personal y el bienestar de la sociedad y de su medio ambiente” (p. 7). En este principio se hace alusión a que la educación es importante para todos, independientemente de sus intereses científicos, porque a lo largo de sus vidas requerirán algún conocimiento científico para la toma de decisiones en un contexto de necesidad. En el principio cinco se estableció que “la progresión hacia las grandes ideas debiera resultar del estudio de tópicos que sean de interés para los estudiantes y relevantes para sus vidas” (p. 11). Esto quiere decir, que es importante desarrollar currículos académicos y actividades en la sala de clases que se perciban como relevantes e importantes para los estudiantes y sus vidas. Por último, el principio seis se expuso que “las experiencias de aprendizaje debieran

reflejar una visión del conocimiento científico y de la indagación científica explícita y alineada al pensamiento científico y educacional actual” (p. 12). Según este principio, en la visión actual se concibe que la ciencia no es estática, pues las teorías dependen de la evidencia disponible y pueden cambiar a medida que emergen nuevas evidencias. Un ejemplo de esto sería que en Puerto Rico la actividad sísmica en el año 2001 se generaba con menor frecuencia según la Red Sísmica de Puerto Rico, en dicho año se registraron 967 eventos. Sin embargo, en comparación con el informe del año 2018 se registraron un total de 3,974; cuadruplicándose la cifra de eventos sísmicos. Esto representa la necesidad de alinear el pensamiento científico y educativo a lo que acontece actualmente en Puerto Rico.

A lo largo de la historia se han desarrollado diversos modelos teóricos para la educación científica con el fin de explicar y mejorar las prácticas para el desempeño pedagógico. Para efectos de esta investigación, se expuso diversos modelos teóricos para la enseñanza de las ciencias. Estos se ataron con la Teoría de la Deriva Continental Pérez-Malvárez et al. (2006) y la Teoría de las Placas Tectónicas. De esta forma, se dio la base teórica de la investigación, lo que facilitó la elaboración de la indagación en vías de responder las preguntas de investigación.

Modelos teóricos para la enseñanza de las ciencias

Una teoría científica no se constituye únicamente por una clase de modelo, que satisface un determinado predicado teórico-conjunto, sino que esto se logra por diferentes tipos de modelos organizados, de tal forma que, se logre dilucidar

el tema de una forma correspondiente (Camaño, 2018). Por ese motivo, se presentaron diversos modelos teóricos para la enseñanza para las ciencias. Stuckey et al. (2014) afirmaron que, a través de estos se facilita a los estudiantes la importancia que conlleva la ciencia en la sociedad, con el propósito de formarse como ciudadanos más conscientes y responsables con esta en un futuro. Además, Stuckey et al. indicaron que los profesores enseñan educación en ciencia, para que los estudiantes puedan afrontar las situaciones del diario vivir y tengan el conocimiento adecuado para lidiar con situaciones presentadas en esa sociedad. Por consiguiente, es esencial que los profesores comprendan y posean un dominio amplio para aclarar las dudas de los estudiantes.

De igual manera, Levy et al. (2021) sostuvieron que desde las teorías de la enseñanza de las ciencias se pone énfasis en el conocimiento relativo al mundo físico y los fenómenos que ocurren en ellas, así como el conocimiento que se adquiere mediante explicaciones y predicciones comprobables. Añadiendo a lo anterior, estos autores sostienen que la enseñanza de las ciencias debe ir más allá de simplemente brindar a los estudiantes herramientas para comprender su entorno. Debe prepararlos para participar activamente en la construcción de una sociedad mejor, tanto a través de la comprensión crítica del mundo como del involucramiento en las deliberaciones científicas que impactan la sociedad.

Ahora bien, de acuerdo con Roth y Lee (2003), a pesar de los enormes esfuerzos realizados en los cursos de Ciencia, siendo estos un medio para despertar un interés en los estudiantes al mundo científico, las reformas

educativas han fracasado en su mayor parte a la hora de formar ciudadanos con conocimientos científicos. Por esta razón, Roth y Lee (2003) consideraron que la alfabetización científica se estaba afectando por los siguientes supuestos: (a) la alfabetización científica es un atributo de los individuos; (b) la ciencia es el modo paradigmático de la conducta humana racional; y (c) los conocimientos escolares son transferibles a la vida fuera del ámbito escolar. Estos supuestos llevaron al planteamiento de una serie de preguntas, como lo fueron: (a) ¿Cómo se puede lograr que los estudiantes se apropien o construyan conceptos científicos específicos?; (b) ¿Qué contenidos científicos seleccionar y enseñar, entre las muchas posibilidades, con el tiempo limitado que se tiene en la sala de clases?; y (c) ¿Cómo hacer que los estudiantes transfieran la ciencia a situaciones extraescolares? (Roth & Lee 2003). Como consecuencia de estos planteamientos, se consideran los siguientes cinco modelos teóricos para la enseñanza de la ciencia los cuales son (a) el tradicional, (b) el tecnológico, (c) el artesano-humanista, (d) el descubrimiento investigativo y (e) el constructivista-reflexivo. En estos modelos presentarán diversos métodos para enseñar que los docentes pueden utilizar en sus cursos de ciencias.

Modelo tradicional

En este primer modelo tradicional o de transmisor-receptor los profesores presentan su clase en modo de conferencia al frente de los estudiantes. Es decir, los profesores utilizan algún tipo de programa para presentar el contenido a través de un libro de texto o pizarra, para luego llevar a cabo una exposición para transmitir la información de ese tema. Los profesores utilizan la secuencia

del programa y presentan el material en la forma que ellos lo interpretan. Los estudiantes actúan de manera individual, ya que la clase es a modo de conferencia y su aprendizaje ocurre por medio de la memorización mecánica. De esta forma, los profesores preparan un examen y los estudiantes solo deben memorizar los conceptos que se presentarán en el examen. Al respecto, Fernández et al. (2001) sostuvieron que este modelo de enseñar por su enfoque en la memorización a corto plazo para aprobar exámenes, lo que lleva al olvido rápido de los conocimientos adquiridos. Además, argumentaron que la falta de aplicación y profundización posterior a los exámenes impide un aprendizaje significativo y duradero. De forma similar, Ruiz (2007) sustentó que en este modelo se busca enseñar de manera inductiva y que los docentes transmitan el conocimiento de manera cerrada, debido a que su función en la sala de clases se reduce a un texto guía.

Modelo tecnológico

Según Fernández et al. (2001), en este modelo los profesores siguen un plan educativo cuidadosamente planificado de antemano. El método para distribuir la clase es por medio de las siguientes tres vertientes (a) la aplicación de la teoría del curso, (b) la solución de problemas y (c) la parte práctica de laboratorio. Cabe señalar, que las prácticas de laboratorio se eligen y se diseñan de forma que siempre den los resultados esperados conforme a lo que se enseña. En este modelo la clase es expositiva girada en el método hipotético deductivo y, siempre que sea posible, esta se divide en una parte de observación de la teoría y luego una parte práctica por medio de un experimento. Por su parte, Ruiz

(2007) expuso que en este modelo se les brinda a los estudiantes elementos requeridos para que puedan encontrar la respuesta a los problemas planteados y los docentes orientan el camino que debe tomar para alcanzar la solución. Por último, con este modelo, el aprendizaje de los estudiantes se basa en lo memorístico y la comprensión.

Modelo artesano-humanista

Fernández et al. (2001) sostuvieron que en este modelo para enseñar los estudiantes tienen diversas maneras de aprender, por ende, cada estudiante debe desarrollar su aprendizaje de forma individual o en grupos de estudiantes. La función de los profesores en este modelo pasa a un segundo plano, a uno de consultores y guías para clarificar las dudas. Sin embargo, los estudiantes conservan su secuencia de aprendizaje. Por su parte, Ruiz (2007) sostuvo que los docentes tienen un rol fundamental, ya que serán los guías en el proceso de la enseñanza-aprendizaje en donde se debe utilizar herramientas metodológicas, la explicación y la aplicación de las disciplinas científicas. Por último, la evaluación puede ser diversa, debido a que será conforme al tipo de trabajo realizado por cada estudiante.

Modelo descubrimiento-investigativo

En este modelo el curso se realiza combinando los aspectos teóricos del currículo con una parte investigativa. Además, los profesores utilizan el proceso investigativo como un elemento motivacional para el desarrollo de actividades en el curso. En este modelo, de acuerdo con Ruiz (2007), las clases son muy participativas, y los protagonistas son los estudiantes; este trabaja a partir de

diseños que ellos mismos o que sus maestros elaboran. Por lo tanto, el modelo invita a la comprensión de los conceptos y la asimilación de estos se ve favorecida por el trabajo que se realiza por medio de un experimento (Ruiz, 2007). Por último, en este modelo se valora la capacidad de trabajo en grupo y la capacidad de diseñar y poner en práctica experiencias diversas en conjunto.

Modelo constructivista-reflexivo

En este modelo para enseñar la planificación es abierta, pues, precisamente, los docentes plantean un problema sobre un tema y los estudiantes participan por medio de una discusión socializada, estableciendo sus opiniones y proporcionando información (Fernández et al., 2001). Cabe resaltar, que, según estos autores, en este modelo los problemas de investigación que se eligen se analizan en profundidad, se buscan todas sus implicaciones y relaciones, para luego resolver estos problemas utilizando diferentes métodos y recursos didácticos (e.g., el uso de libros, periódicos u otros recursos). En este modelo, se prepara un plan de actividades con el propósito de resolver los problemas que se presentan en clase. Por tanto, los ejercicios, los experimentos o las situaciones que surjan durante esta, se completan por medio de grupos para que, en estos, se pueda elaborar un informe colectivo y presentarlo durante la clase (Ruiz, 2007).

Además, en este modelo los docentes hacen del proceso de enseñanza-aprendizaje un proceso de confrontaciones constantes en diferentes situaciones de inconformidad conceptual, entre lo que ya se sabía y la nueva información, con el objetivo de desarrollar la concientización del tema que se discuta (Ruiz,

2007). De forma similar, este autor indicó que en este modelo se reconoce una estructura interna en la que se identifican los problemas de orden científico y se tiene como objetivo que estos sean la base fundamental para la secuencia de los contenidos que se enseñarán. Por último, en este modelo los docentes exponen el progreso académico de cada estudiante a través de sus trabajos, ya sea, trabajos de cuadernos, dominio de lo propuesto, presentación y exposición, resultado de trabajos escritos, entre otras cosas.

Teoría de la Deriva Continental y las Placas Tectónicas

Para centrar el pensamiento respecto al tema de base y objeto de estudio de esta investigación desde la perspectiva de su enseñanza, se presenta la teoría de la deriva continental y las placas tectónicas. Al respecto, Pérez-Malvárez et al. (2006), siguiendo el pensamiento de Alfred Wegner, afirmó que la teoría de la deriva continental consistió en el pensamiento que, desde el inicio de la era Mesozoica hasta el presente, la tierra estaba formada por un supercontinente llamado *Pangea* y que, luego al pasar el tiempo, se fracturó y los fragmentos se fueron separando. Puede afirmarse que la ruptura del supercontinente comenzó hace más de 200 millones de años, durante el triásico superior (Pérez-Malvárez et al., 2006). Por lo que, desde ese entonces la tierra se ha ido fragmentando y moviéndose hasta la posición que se conoce hoy día. Cabe señalar, que Alfred Wegner en el año 1915 presentó otra evidencia para fundamentar la teoría de la deriva continental, la cual fue el aparente ajuste de las costas de los continentes a través del Atlántico Norte y Sur (Oh, 2014).

De forma similar, Camacho (2018) expuso que Alfred Wegner indicó las siguientes evidencias para concretizar su teoría de la deriva continental desarrollada a principios del siglo 20, las cuales fueron el encajamiento de los bordes de los continentes, la correlación de plantas y animales en estado fósil (i.e., los estratos rocosos a través de los océanos y la presencia de indicadores de clima frío). Al respecto pueden mencionarse, como ejemplo, los antiguos depósitos glaciares que se encontraban cerca del Ecuador o la presencia de indicadores de clima cálidos, como lo son, la formación de rocas calizas, lateritas o carbón cerca de los polos. De acuerdo con Oh (2014), la información que se obtuvo a través de los rastros de fósiles, las zonas de erosión y la aparición de secuencias rocosas y cordilleras de la misma edad en continentes ahora muy separados, fueron evidencias adicionales que ayudaron a sustentar la teoría de la deriva continental de Wegner.

Por otro lado, gracias a la teoría de la deriva continental, se aportó la explicación más plausible para la explicación de que el fondo marino se estaba expandiendo, ya que se encontró un patrón rayado de rocas basálticas magnetizadas en ambos lados de los dorsales oceánicos, junto con la transferencia de calor detectada en esa zona (Camacho, 2018). Por esto se llegó a la conclusión de que la lava estaba fluyendo de forma continua desde los cañones. Además, la determinación precisa de la ubicación y dirección de los terremotos mostraba un patrón parecido al de bloques en movimiento. Por consiguiente, estas pruebas apoyaron la conjetura de que, tanto los continentes

como los fondos marinos se asientan sobre un suelo dando la formación a la teoría de las placas tectónicas (Camacho, 2018).

Debido a la división de los continentes, se elaboró el surgimiento de la teoría de las placas tectónicas, porque estaba asociada la misma. Según Bergoeing y Protti (2009) expusieron, la corteza terrestre estaba formada por un fondo oceánico hecho de una capa superficial sólida que está dividida en un enorme rompe cabeza y a ese suelo se le denominó placas tectónicas. Además, se indicó que las placas están en constante movimiento, provocando que la corteza terrestre se deslice sobre la astenosfera causando el movimiento del magma en tres tipos de categorías la divergente, subducción y límite transformantes (Bergoeing & Protti, 2009). De forma similar, Pérez-Malvárez et al. (2006) citaron a Alfred Wegner, quién indicó que en la teoría de las placas se describe la litosfera como la capa más rígida de la superficie de la Tierra. Pues, se divide en varias placas que se desplazan con un movimiento relativo.

La teoría de la deriva continental de Alfred Wegner en el año 1915 representa una de las teorías más importantes del siglo 20, inclusive, la importancia actual de las placas tectónicas es indiscutible (Pérez-Malvárez et al., 2006). Según estos autores, esta importancia radica en que ha sido pieza fundamental para poder explicar la formación de las grandes cordilleras y la actividad sísmica y ha provisto un recurso central de diversas evidencias para que fuese posible evidenciar el movimiento horizontal de los continentes. De forma similar, Villaseñor (1995) expuso que la teoría de las placas tectónicas, que se formuló para los años sesenta, se fundamenta por la formación de un

suelo que se le denominó litosfera, que es un suelo rígido que flota sobre la astenosfera más débil. Además, indicó que la litosfera está dividida en una docena de placas que se mueven aproximadamente como cuerpos rígidos que interaccionan en sus límites (Villaseñor, 1995).

Dado a la explicación previa de la teoría de las placas, se conoce que las placas son una parte de la capa de la tierra llamada litosfera y esta capa es más fría y menos densa que la astenosfera (Cortial, 2019). Por ende, las placas pueden verse como fragmentos o de formas rígidas flotando sobre el manto. Cabe resaltar que a medida que las placas se desplazan por la superficie de la astenosfera ellas se separan, chocan y se deforman a lo largo de sus límites dando forma a la corteza (Cortial, 2019). Por su parte, Villaseñor (1995) afirmó que el movimiento que se puede obtener de la litosfera se divide en tres categorías: (a) el divergente en los dorsales oceánicos, donde se crea una nueva litosfera; (b) el convergente en las zonas de subducción, una de las placas de la litosfera es consumida por la otra, por ende, se va por debajo de la otra; y (v) la de límite transformante, no se crea ni se consume la litosfera, sino que se deslizan lateralmente una con respecto a la otra.

En consecuencia, conociéndose la base teórica del tema de la formación de las rocas y las placas tectónicas, puede entenderse lo complicado del tema. En efecto, desde los modelos teóricos para enseñar pudiera darse el entendimiento de lo que da paso a los movimientos telúricos, lo que, a su vez, repercute en la formación de terremotos. Asimismo, puede guiarse el pensamiento para la comprensión de los temas y la concienciación respecto a las consecuencias

negativas de no formar ciudadanos que entiendan su medio ambiente y, por tanto, no se promueva la prevención.

Formación de futuros maestros de ciencia

Los docentes tienen un rol muy importante en la sociedad, ya que aportan en el desarrollo académico de los estudiantes de manera individual y colectiva.

Además, los docentes preparan a los estudiantes para que puedan enfrentar los retos del diario vivir. Asimismo, estos profesionales en el campo de la ciencia conforman un rol importante, ya que tienen el deber de despertar el interés en los estudiantes y crear ciudadanos con una mayor alfabetización científica.

Vaillant y Marcelo (2021) definieron que la formación de los docentes tiene el enorme compromiso de crear las condiciones necesarias para que estos se integren al sistema educativo con las competencias necesarias para poder impartir una educación de primera y de alta calidad. Como consecuencia, los docentes que estén encargados de educar a los estudiantes deben tener el conocimiento y los recursos para impartir una enseñanza de excelencia.

Por su parte, Marcelo (2001) expuso que, tanto el currículo como la organización del trabajo que se lleva a cabo por algunos docentes en la sala de clases es deficiente y no cumplen con las necesidades de educación para preparar a los estudiantes. Por esto, Marcelo sostuvo que, para evitar la formación de docentes con la carencia en el contenido o implementación pedagógica, se debe mejorar la formación de estos desde el proceso inicial de su preparación hasta su período de inserción profesional. Por lo antedicho, Marcelo (2001) presentó que, para la formación de docentes de alta calidad en

el campo de la ciencia, se deben contemplar el uso de las siguientes características en sus programas académicos:

En primer lugar, en la formación de estos docentes se debe inculcar la coherencia conceptual, ya que este elemento se enfatiza en ser una visión orientadora acerca del tipo de docente que se está formando, una visión del aprendizaje, del papel del profesor y de la escuela, e incluye una visión de los valores y creencias del programa educativo que se observa en el currículo; en segundo lugar, la formación de maestro debe considerar el elemento de las prácticas de enseñanza integradas con un propósito, es decir, el programa debe tener presente la integración de los siguientes elementos fundamentales la observación, las práctica guiadas, la aplicación de conocimiento e indagación, además, en este elemento el programa educativo se debe utilizar las prácticas, para promover la reflexión y un aprendizaje teórico, el uso de diarios reflexivos, tareas y deben asistir a seminarios semanales; y, por último, la atención a los profesores como sujetos que aprenden, este elemento tiene como objetivo es que los docentes logren aprender, es decir, que los docentes que ofrecen los cursos se esfuercen porque los alumnos sigan aprendiendo, impartiendo ideas y conocimiento creando un espacio en donde permita al alumno adquirir los conocimientos y destrezas pedagógicas que puedan utilizar en el aula escolar. (p. 579)

Por otro lado, Park (2019) sustentó que la calidad de la educación en un curso no se puede superar por la calidad de sus docentes, es decir, para que los estudiantes puedan mejorar en la sala de clases debe haber una mejora en la calidad de los docentes. Por este motivo, es medular formar docentes que, cuando ejerzan en el magisterio, sean de alta calidad y competentes para enseñar todos los conceptos de la ciencia. Park expuso además que, a pesar de que el programa universitario para la formación de los futuros docentes en Corea estaba bien organizado, era insuficiente para que los docentes desarrollen estrategias pedagógicas y que obtengan confianza para poder enseñar ciencias. Esto se debía a que, los docentes en formación tomaban muchos cursos de Ciencia y, durante la práctica docente los maestros tenían oportunidades

diversas para enseñarla. Sin embargo, el currículo no contaba con un curso dirigido para enseñarles a los docentes a cómo enseñar los cursos de ciencia (Park, 2019). De modo similar, en la formación de los maestros de ciencia en el contexto puertorriqueño no existe ningún curso a través del que se prepare a los docentes acerca de cómo enseñar las ciencias de forma eficaz.

Por otro lado, Vaillant y Marcelo (2021) expusieron unas características claves que se deben considerar para la formación de los futuros docentes, como lo es incluir en las clases contenido interdisciplinario que sea más allá del tipo de la metodología para enseñar que se utilice. Los docentes deben profundizar en las características y necesidades individuales de cada estudiante para adaptar las metodologías de enseñanza a su ritmo y estilo de aprendizaje (Vaillant & Marcelo, 2021). Estos autores pusieron énfasis en que, de forma similar, se debe contemplar la complejidad de la materia y que sea acorde con los estudiantes para que pueda observarse una mejoría en el aprendizaje.

Cursos profesionales versus cursos de especialidad

Marcelo (2001) expuso que los cursos de formación de los docentes no están diseñados para que los docentes que ofrezcan los cursos promuevan aprendizajes complejos en los estudiantes. Por ese motivo, los futuros docentes están siendo afectados al momento de ejercer en el magisterio, ya que no cuentan con los recursos esenciales para promover en la sala de clases una educación de primera y provocar en los estudiantes un reto para que puedan dominar el material de una forma diferente. Marcelo (2001) y Marcelo y Vaillant, (2009) consideraron que muchos de los programas de formación de docentes

tienen muy poco efecto sobre los criterios para enseñar que los docentes imparten en los cursos de programas de formación de maestros.

Consecuentemente, en esos programas es más difícil lograr el desarrollo de docentes con una formación profesional desde la que estos puedan adquirir las destrezas para enseñar el contenido y así, llevar a cabo una clase que despierte el interés de los estudiantes sobre cada tema.

Por eso, Vaillant y Marcelo (2021) sostuvieron que la manera en que se organiza el aprendizaje y la enseñanza, así como la base fundamental estructural por la que se establece el conocimiento que se va a transmitir, han cambiado; puesto que, se considera que ya no es suficiente la mejora en algún tipo de modelo pedagógico actual, sino que es necesario una transformación más allá. Así pues, según estos autores, es fundamental que como parte de la formación de los futuros docentes se ponga énfasis en la adquisición del contenido y trabaje para el desarrollo del conocimiento didáctico de ese contenido. Vaillant y Marcelo, siguiendo el pensamiento de Kennedy (2016), consideraron que, en la actualidad, la sociedad tiene un pensamiento equívoco por el cual se considera que los docentes están altamente cualificados. En efecto, se piensa que estos presentan un dominio para enseñar solo por sus competencias y capacidades en materia para enseñar o por sus experiencias empleando sus conocimientos en el tema. Por lo que se presume que, si los docentes poseen dominio de la disciplina sabrán enseñar. Esto repercutirá en que la enseñanza se centrará en el contenido que se presente más que en los estudiantes a los que se impacte de forma efectiva (Vaillant & Marcelo, 2021).

De forma específica, en Puerto Rico, para obtenerse la Certificación para poder ejercer como docente en el Departamento de Educación, se deben completar los siguientes requisitos estipulados en la carta de certificaciones:

tener 18 años o más; tener la preparación académica y profesional requerida; haber aprobado las pruebas para la Certificación de Maestros (conocido como PCMAS); haber aprobado y evidenciado los siguientes cursos del programa académico Curso de introducción al niño, curso de educación especial, curso de la integración de la tecnología, curso de educación a distancia, curso de evaluación y medición, curso de historia de Puerto Rico y curso de historia de Estados Unidos; someter toda la evidencia documental de tipo personal y profesional; completar la solicitud. (Departamento de Educación de Puerto Rico, 2012, p. 20)

Ahora bien, hay que destacar que, el curso de Ciencias Terrestres es parte de las asignaturas que se imparten en la escuela secundaria. Por tanto, este debería ser un curso que tomen durante su formación académica los futuros maestros de Ciencia General a nivel secundario, puesto que al trabajar en este nivel cabe la posibilidad de que tengan que enseñarlo. No obstante, luego de revisar los catálogos de las instituciones³ de educación superior de Puerto Rico en las que se ofrece algún programa académico para formar futuros docentes de Ciencia General, puede afirmarse que sólo a los estudiantes que cursan el bachillerato de artes en Educación Secundaria con concentración en Ciencia General en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras se les requiere tomar el curso de Ciencias Terrestres (Universidad de Puerto Rico, 2015, pp. 220-221). Por ese motivo, es sumamente alarmante esta situación, ya

³ Universidad de Puerto Rico en Cayey, Universidad Interamericana de Puerto Rico y Universidad Ana G. Méndez

que este curso debería ser medular dada la ubicación geográfica en que está ubicada Puerto Rico.

Por tanto, en los requisitos de cursos de concentración en los programas universitarios de Educación Secundaria en Ciencia General de toda institución universitaria pública o privada deben incluirse los cursos de concentración necesarios para preparar a los futuros maestros según las asignaturas que estos pudieran ofrecer. El hecho de no incluir cursos necesarios desde esta previsión pudiera afectar negativamente la efectividad de los futuros docentes. Pues, a su vez, se podría afectar el aprendizaje de los estudiantes. En efecto, al momento de ofrecer ciertas asignaturas o explicar contenidos específicos para los que no se están preparados, académicamente, el desempeño de los docentes no necesariamente será el más adecuado respecto a corrección, profundidad y aplicabilidad (Marcelo, 2001; Marcelo & Vaillant, 2009; Vaillant & Marcelo, 2021). Dicho esto, un currículo de un programa académico (e.g., para formar docentes) debe planificarse desde los escenarios en los que los profesionales que se forman se enfrentarán en el futuro.

De acuerdo con lo que establecieron James et al. (2019), se reafirma la situación que se mencionó antes, al tenerse un currículo con cursos faltantes (e.g., curso de ciencias terrestres) en programas universitarios de Educación Secundaria en Ciencia General. Puesto que, se limita a los futuros docentes en el desarrollo de diferentes métodos para enseñar diferentes. Esto, a su vez, causa que los estudiantes se afecten por la falta de conocimientos y destrezas para enseñar de los docentes. Por consiguiente, se debe planificar un currículo

formativo eficaz, con el propósito de preparar una base firme desde la que los maestros desarrollen pensamientos críticos y dirigidos en el conocimiento científico (James et al., 2019).

Métodos para enseñar

Dada la necesidad de un currículo idóneo para enseñar el curso de Ciencias Terrestres en la escuela secundaria, se identificaron varios métodos y estrategias que los docentes pueden utilizar. Entre las estrategias se destacan los siguientes: el inquirir y la inclusión de tecnología. Como parte de las estrategias (i.e., recursos que requieren de más tiempo para su implementación) se encuentran: el *Design-base learning*, la problematización, el método didáctico, el trabajo cooperativo y el aprendizaje basado en problemas.

A través de la estrategia del inquirir se desarrolla el entorno de los estudiantes, al cuestionar, para obtener información significativa y dirigida en la ciencia (Yuksel, 2019). Además, desde el inquirir se busca que los estudiantes aprendan, a través de la investigación y las experiencias de aprendizaje mientras estos trabajan (Yuksel, 2019). Asimismo, a través de la enseñanza de la investigación científica mediante el uso de recursos tecnológicos se busca ayudar al conjunto de docentes a incorporar la tecnología en su currículo educativo. Esto se debe a que los métodos para enseñar deben estar acorde con la sociedad en la que se vive (Hernández et al., 2014). Además, el método propone que los estudiantes sean responsables de su proceso educativo, mediante recursos diversos y la supervisión de los docentes (Hernández et al., 2014).

Por su parte, Kim et al. (2015) sostuvieron que una estrategia para enseñar para la ciencia debe ser el *Design-based learning*, debido a que el enfoque de este método es ayudar a los estudiantes a la comprensión científica y el desarrollo de las habilidades o destrezas para la solución de problemas del mundo real, mediante la participación en el diseño y construcción de artefactos. Además, este mismo autor establece que el método del *Design-based learning* funciona como un medio para aumentar la motivación de los estudiantes, desarrollar habilidades cognitivas de un mayor nivel y fomentar rasgos personales e interpersonales entre los estudiantes (Kim et al., 2015). De igual modo, con esta estrategia se fomenta un espacio para que los estudiantes tengan la oportunidad de idear, de forma creativa, algo que se ajuste a sus necesidades y permita resolver un problema o que adquiera un mayor sentido de responsabilidad por su aprendizaje (Kim et al., 2015).

Según Mendes y Farias da Silva (2018), la estrategia para enseñar que los docentes de Ciencia emplean, llamada problematización, consiste en el proceso interactivo de conocimiento, análisis, investigación y decisiones individuales o colectivas con el propósito de encontrar la solución al problema. En esta estrategia para enseñar se centra en los estudiantes, pues los docentes son los guías que conducen a los estudiantes a investigar, reflexionar y decidir por su propia cuenta lo que necesitan hacer para lograr el objetivo previsto. De forma similar, González et al. (2016) sostienen que, esta estrategia tiene la finalidad que los estudiantes indaguen un problema que esté ocurriendo en su entorno y lo investiguen mientras desarrollan conceptos y destrezas acerca de ese tema.

Además, el aprendizaje basado en el problema promueve el uso de múltiples actividades para fomentar en la educación de los estudiantes, un entorno que promueva un aprendizaje de investigación y reflexión (González et al., 2016). De forma semejante, Velázquez et al. (2020) definen esta estrategia como el proceso que facilita la creación de conflictos cognitivos en los estudiantes, con el objetivo de que durante esta estrategia se motiven a analizar, reflexionar, investigar, crear y evaluar para obtener un nuevo aprendizaje. Cabe destacar, que Velázquez et al. (2020) indicaron que para que la estrategia de aprendizaje basado en problemas pueda surtir un efecto en el aprendizaje, se debe lograr que el estudiante sienta un sentido de pertenencia en su vida y que ese aprendizaje sea importante porque lo necesita.

Según Johnson y Johnson (2019), en la estrategia de trabajo cooperativo se enfatiza su enseñanza formando grupos pequeños de estudiantes, con el objetivo de aumentar el aprendizaje en cada uno de ellos. Además, en el aprendizaje cooperativo, se percibe que los estudiantes pueden alcanzar sus metas siempre y cuando los demás compañeros del grupo también lo alcanzan (Johnson & Johnson, 2019). El aprendizaje cooperativo contiene cinco elementos medulares en su estrategia de enseñanza, los cuales son: (a) interdependencia positiva; (b) interacción promotora; (c) responsabilidad individual; (d) procesamiento en grupo; y (e) habilidades sociales o interpersonales (Fernández-Río et al., 2022). Es decir, en el elemento de la interdependencia positiva, se considera que todos los estudiantes deben tener la mentalidad de que los integrantes dependen uno del otro para alcanzar en

conjunto el objetivo establecido y para poder triunfar. En el segundo elemento la interacción promotora consiste en la relación cara a cara de los integrantes del grupo con el fin de promover activamente el trabajo, esfuerzo y la productividad de los estudiantes. El tercer elemento es la responsabilidad individual, la cual consiste en que cada uno de los integrantes es responsable de completar individualmente al menos una de las tareas establecida en el grupo. El cuarto elemento de procesamiento grupal consiste en la discusión y/o debate grupal sobre el trabajo para poder evaluar lo que se esté estableciendo en el mismo. Por último, las habilidades sociales o interpersonales consisten en el desarrollo de las habilidades de comunicación entre pares de grupo y de liderazgo (Fernández-Río et al., 2022). Por último, estos autores establecieron que la implementación de esta estrategia incrementa la productividad de los estudiantes no tan solo en lo académico, sino que también en lo personal y social.

LoPresto et al. (2016) sustentaron que la enseñanza centrada en los estudiantes es la más efectiva, ya que enfatizan sus objetivos a que los estudiantes supervisen su progreso constantemente. Además, a través de este tipo de enseñanza se demuestra, de forma convincente, que desde la educación científica se propicia un aumento de forma consistente en el aprendizaje de conceptos de los estudiantes, en el momento en el que la instrucción de los educadores se centra en la participación de los estudiantes, en lugar de simplemente escuchar y tomar notas (LoPresto et al., 2016).

Por último, en la estrategia didáctica los docentes promueven el aprendizaje por medio del desarrollo del conocimiento científico. Esto se concretiza a través del uso de demostraciones, lecturas y discusión socializada en clase (Beam, 2010). Además, en el método didáctico el profesorado controla el material que se discutirá y la velocidad con la que se presenta (Beam, 2010).

Conocimiento didáctico del contenido

Conocer qué asuntos los docentes consideran al elaborar una clase de ciencia puede ser muy diverso. Esto se debe a que cada docente tiene su forma o estilo de presentar los conceptos de la ciencia, y a su vez, cada uno de ellos determina a qué conceptos se debe dar más énfasis y la forma en que se debe enseñar ese contenido, según sus experiencias previas o lo que observó durante su formación (Marcelo & Vaillant, 2009). Por ese motivo, se le debe otorgar un gran énfasis en la enseñanza para las ciencias y la eficiencia requerida para enseñar la misma. No obstante, esto dependerá de con cuánta especificidad los docentes dominen conceptos concretos (Alkis-Kucukaydin, 2019). Por esto, este epígrafe desea destacar las características que distinguen el conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza de las ciencias.

Verdugo-Perona et al. (2017) sostuvieron que no cualquier docente con un título académico en ciencias garantiza una enseñanza científica de manera efectiva, puesto que dependerá del conocimiento que los docentes hayan adquirido sobre el contenido científico y tener los conocimientos necesarios para poder enseñar eficientemente. Como consecuencia, estos autores siguiendo el pensamiento de Shulman (1987), definieron el conocimiento didáctico del

contenido, como la mezcla de contenido y pedagogía que deben comprender los docentes sobre los conceptos, temas o problemas para enseñarle a los estudiantes utilizando diversas habilidades o intereses. Cabe resaltar, que desde el conocimiento didáctico del contenido se recopila el pensamiento de un sinnúmero de docentes que tienen la duda metodológica más pertinente a cómo se debe enseñar el contenido y, además, se incluye la representación y la formulación de lo que enseña haciéndolo accesible a la comprensión de los estudiantes (Verdugo-Perona et al., 2017). También, estos definieron el conocimiento didáctico del contenido de la siguiente manera:

Es la comprensión y representación de cómo ayudar a los estudiantes a entender cuestiones específicas de la materia usando múltiples estrategias instruccionales, representaciones y evaluaciones, mientras se trabaja en un entorno de aprendizaje caracterizado por un determinado contexto social y cultural. (p. 591)

En el conocimiento didáctico se busca romper con la preconcepción que para que los docentes sean capaces de enseñar deben tener, únicamente, dominio del conocimiento, sino que hay que tomar en cuenta los aspectos didácticos y pedagógicos para lograr enseñar de forma adecuada (Mosquera et al., 2019). Cabe resaltar, que la aplicación del conocimiento de los docentes mejora a partir de procesos de ensayo y error. En efecto, por medio de la adopción de discursos y prácticas que no siempre son las más idóneas se logra alcanzar un desarrollo profesional adecuado (Mosquera et al., 2019). En otras palabras, la forma en que los docentes pueden mejorar sus prácticas para enseñar en la sala

de clases es por medio de la aplicación en la sala de clase e ir observando en qué áreas los docentes necesitan mejorar para que el entendimiento del tema sea adecuado. Lacueva (2014) expone que la aplicación pedagógica en la sala de clases no solo pretende simplemente describir, explicar o comprender los conceptos a los estudiantes, sino también apoyar y orientar durante una actividad compleja. Además, Lacueva (2014) indicó que los educadores deben tener conocimiento suficiente sobre la materia que enseña y debe conocer los procesos de indagación para poder explicar de la manera más fácil a los estudiantes.

Marco empírico: investigaciones acerca de la enseñanza de las ciencias

Actualmente en Puerto Rico no se ha encontrado un estudio sobre las metodologías de la enseñanza de las Ciencias Terrestres específicamente en los conceptos de la formación de las rocas y las placas tectónicas. Sin embargo, aunque no se halló un estudio que abunde sobre la enseñanza de la ciencia en los terremotos, se hallaron estudios que contienen conceptos más generales.

Investigaciones en acción: aprendizaje de las ciencias

En la Universidad de Iowa se completó una investigación acerca de la comprensión de la naturaleza de las ciencias y la autoeficacia de la ciencia en una clase de geología (Louise-Moss, 2012). El propósito del estudio fue inferir si a través de un proyecto investigativo en la clase de Geología los estudiantes de la concentración de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas y los de otras concentraciones obtenían algún aumento en el rendimiento en los conceptos de la naturaleza de la ciencia y su eficacia, al tomar un curso de introducción a la

geología de forma significativa. Se encontró que los estudiantes que no eran de la concentración de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, al completar un proyecto científico obtuvieron un aumento en los conocimientos, pero no fue un cambio estadístico suficiente.

Por otra parte, Lee y Glass (2019) en la Universidad del Sureste implementaron módulos interactivos para los estudiantes del programa de educación a nivel elemental, con el propósito de aumentar su conocimiento científico sobre las siguientes materias Física, Biología y Ciencias Terrestres; a través de la creación de un horno solar, la discusión grupal de la investigación y sus anotaciones. Se encontró que luego de implementar los módulos en el curso hubo un aumento de comprensión de las materias y la confianza de los estudiantes aumentó a lo largo del curso.

De igual forma, en su estudio en la Universidad de Carolina del Norte por Wigen y McDonell (2017) compararon dos metodologías distintas de aprendizaje en un curso introductorio de Geología. El propósito de la investigación fue evidenciar que el grupo mixto de estudiantes obtendría mayor aprendizaje que un grupo de estudiantes tradicional (i.e., homogéneo). Al final de la investigación, se encontró que el grupo mixto obtuvo mayor aprendizaje, ya que la incorporación de otros recursos como textos, audios y videos pudieron aumentar el conocimiento de los estudiantes y su confianza al completar diferentes *assessments*.

En cambio, en la escuela superior *Union-Endicott* en Nueva York el Dr. Dolphin (2008) utilizó una pregunta motivadora para comenzar su metodología

investigativa y mediante diferentes laboratorios en clase explicó la formación de las placas tectónicas. Este método alcanzó el interés de los estudiantes a nivel escolar y los ayudó a enriquecer su pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias.

Investigaciones cuantitativas: enseñanza de las ciencias

Louise (2012) realizó un estudio cuantitativo con un diseño comparativo para tratar el tema de la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la autoeficacia científica en estudiantes universitarios que pertenecían a un curso introductorio de Geología. El mismo tuvo como propósito determinar el efecto que tuvo la participación de los estudiantes universitarios en un proyecto de investigación auténtico sobre la comprensión del concepto de la naturaleza de la ciencia y la autoeficacia hacia la ciencia de los estudiantes. Además, en la investigación se utilizó la comprensión de los estudiantes en la naturaleza de la ciencia para medir la alfabetización científica y, de esta forma, se sustentó la necesidad que los conceptos de la naturaleza de la ciencia sea un componente fundamental de la alfabetización científica. Así pues, participaron 25 estudiantes universitarios de tres a cuatro secciones diversas del curso, que se seleccionaron por conveniencia y se les solicitó permiso para formar parte de la investigación. Los datos se recopilaron a través de una escala de categorías dividida en ocho dimensiones, en la que se incluyeron ítems acerca de diferentes aspectos sobre la *Nature of Science*. Cabe resaltar, que este instrumento se administró a lo largo de tres semestres diferentes. Los datos que se recopilaron se analizaron a través de un *One-Way Analysis of Variance* (conocido por ANOVA. Entre las

conclusiones más relevantes se pueden mencionar las siguientes: que los estudiantes obtuvieron un aumento en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y en la autoeficacia hacia las ciencias. Cabe señalar, que en la investigación Louise (2012) sustentó que para obtener una enseñanza de las ciencias más eficaz fue debido a las reflexiones que tuvieron sobre las ideas acerca de los conceptos de la naturaleza de la ciencia y los debates coherentes y explícitos acerca de este tema.

Por otro lado, en la investigación elaborada por Beam (2009) se realizó un estudio cuantitativo con un diseño cuasiexperimental para examinar y comparar la eficacia de dos métodos para enseñar, los cuales fueron, el método de inquirir y el método didáctico. Cabe destacar, que estos métodos para enseñar fueron aplicados en un curso de Ciencias Terrestres a nivel universitario. De este modo, participaron 21 estudiantes universitarios a los cuales se les solicitó permiso para formar parte de la investigación. Los datos se recopilaron a través de una prueba de aprovechamiento en la que se incluyeron ítems acerca de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas (e.g., las rocas ígneas o magmáticas, las sedimentarias y las metamórficas). Los datos que se recopilaron se analizaron utilizando un análisis estadístico *U* de Mann-Whitney. Entre las conclusiones destacadas en esta investigación se puede mencionar que ambas metodologías de la enseñanza eran efectivas para la comprensión de los estudiantes, o sea que no hubo diferencias significativas entre los resultados de aprendizaje.

En contraste, en la investigación de Vergara-Díaz et al. (2020) se realizó una indagación cuantitativa con un diseño cuasiexperimental acerca del tema de la exploración de las concepciones de los estudiantes antes y después de las instrucciones basadas en el método del inquirir. En efecto, se tuvo como propósito evaluar la comprensión que tuvieron los estudiantes de séptimo grado sobre la dinámica de la tierra antes y después de una secuencia de instrucción utilizando el método para enseñar del inquirir. En esta investigación participaron 60 estudiantes de séptimo grado. Los datos se recopilaron por medio de una prueba de aprovechamiento que se administró a los mismos participantes antes y después de la intervención. Los datos que se analizaron utilizando el análisis estadístico de una prueba *t*. Entre las conclusiones más destacadas se puede indicar que hubo un aumento en la comprensión luego de la intervención. Por lo que, para obtener un incremento en el conocimiento de los estudiantes, se deben utilizar métodos para enseñar que incluyan la indagación como una de sus estrategias para mejorar la adquisición de los conocimientos de los estudiantes.

En la investigación de Chang y Chang (2010) se llevó a cabo un estudio cuantitativo con un diseño correlacional para el tema de la percepción de los estudiantes universitarios de ciencias sobre el entorno de aprendizaje preferido en un curso introductorio de Ciencias de la Tierra. El mismo tuvo como propósito determinar la percepción de los estudiantes acerca del entorno más adecuado para la enseñanza de las ciencias terrestres por medio de una encuesta. En esta investigación participaron 38 estudiantes. Los datos se recopilaron a través de

un cuestionario de 48 ítems acerca del entorno de preferencia de los estudiantes sobre el aprendizaje de las ciencias terrestres con una escala de respuesta de cinco niveles. Los datos se analizaron utilizando un análisis de regresión múltiple para poder examinar si los conocimientos previos y la preferencia de aprendizaje de los estudiantes son predictores sobre la puntuación alcanzada por los estudiantes. Entre lo más destacado de este estudio se indicó que el aprendizaje de los estudiantes puede tener un incremento si en el entorno del aprendizaje se utilizan métodos para enseñar variados, es decir, que los docentes no tan solo deben transmitir una clase dirigida, sino que también deben emplear enfoques de instrucción que incluyan el debate, la indagación y el pensamiento crítico de los estudiantes.

Investigaciones cualitativas: enseñanza de las ciencias

Por otro lado, Oh (2019) realizó un estudio cualitativo con un diseño de teoría emergente para investigar el tema de las características del razonamiento abductivo basado en modelos como práctica disciplinar del inquirir en las ciencias terrestres. El mismo tuvo como propósito examinar las formas en que los estudiantes universitarios resolvieron los problemas científicos de las ciencias terrestres utilizando un esquema de razonamiento abductivo. Así pues, se eligieron 17 estudiantes a través de una selección intencional tipo homogénea. La información se recopiló a través de los cuadernos de dibujo de los estudiantes, los audios que se grabaron durante el curso, las entrevistas que se le realizaron a tres estudiantes del curso, que fueron las más activas a lo largo de la investigación y, también, se recopiló información de los registros de

sus cuadernos. La información se analizó separándola en categorías que formularon unos códigos y a partir de los temas preliminares y emergentes que obtuvieron en la investigación se desarrollaron las macrocategorías que dieron lugar a los hallazgos de la investigación. Entre las conclusiones más relevantes se puede mencionar que el aprendizaje dirigido a la ciencia se debe enseñar en una combinación de conocimiento y práctica y no como un proceso separado del contenido y el proceso. Además, se debe adjudicar mucho énfasis tanto al conocimiento que se les brinda a los estudiantes sobre las ciencias como el desarrollo de las habilidades necesarias para resolver los problemas científicos. Por último, en esta investigación se concluyó que en la enseñanza de las ciencias se debe proveer recursos conceptuales en medio de la clase, mientras los estudiantes están resolviendo los problemas de la actividad, para que esto les permita explorar diversos recursos durante la actividad.

Investigaciones con métodos mixtos: enseñanza de las ciencias

Kapp et al. (2011) realizaron un estudio mixto con un diseño convergente para tratar el tema del impacto del rediseño de un curso introductorio de Ciencias Terrestres para el incremento en el rendimiento de los estudiantes. El mismo tuvo como objetivo determinar el compromiso intelectual activo como cualquier método de instrucción que involucre a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En esta investigación participaron un total de 150 estudiantes que estaban matriculados en el curso. Los datos cuantitativos se recopilaron a través de una pre y posprueba acerca de los conceptos que se relacionaban con el curso de la Geociencia. Por otro lado, la información cualitativa se recopiló por

medio de grupos focales. Los datos que se recopilaron de la pre y posprueba se analizaron comparando las desviaciones estándar de ambas pruebas. Además, la información que se recopiló se analizó categorizado las transcripciones del grupo focal. Luego, analizó el corpus para obtener el surgimiento de las categorías preliminares y emergentes del texto. Entre las conclusiones más relevantes se puede mencionar que se debe aumentar el uso del método para enseñar centrado en los estudiantes, ya que expuso más la participación en clase e impulsa la interacción con los docentes en forma de discusión socializada en clase, debate o la realización de algún informe.

Pelch y McConnell (2016) realizaron un estudio mixto con un diseño convergente para tratar el tema de los efectos del desarrollo de materiales en las creencias pedagógicas de los instructores de la geociencia. Esta investigación tuvo como propósito establecer la eficacia del proceso de elaboración de material empleado en un proyecto para enseñar interdisciplinaria sobre la Tierra como modelo potencial de desarrollo profesional capaz de influir en las creencias pedagógicas de los docentes. En total participaron 21 maestros de nivel secundario. La información cualitativa se recopiló por medio de entrevistas semiestructuradas y los datos cuantitativos se recopilaron a través de un cuestionario. En la técnica de la entrevista semiestructuradas se incluyeron siete preguntas acerca de la percepción de los docentes de cómo caracterizan los maestros los diversos aspectos de la enseñanza y el aprendizaje en las ciencias. Por otro lado, la escala de categorías se elaboró utilizando cuatro puntos y los ítems eran acerca de la percepción de los maestros de cómo la gente aprende

sobre la ciencia y la implementación de las clases. Los datos recopilados se analizaron utilizándose un análisis estadístico de prueba t y la información se analizó categorizando las transcripciones de las entrevistas, lo que dio lugar a las macrocategorías obtenidas al finalizar el análisis. Entre las conclusiones más importantes se puede indicar que la integración del modelo interdisciplinario para enseñar sobre la Tierra incitó a los docentes a pensar de forma distinta sobre su método para enseñar la ciencia. De esta forma, se les exhortó a que el método para enseñar las ciencias debe dirigirse a uno que provoque el pensamiento crítico o la reflexión en los estudiantes.

Por otro lado, Al Sultan (2020) llevó a cabo una investigación mixta con un diseño convergente para indagar en torno al tema de la autoeficacia específica de maestros practicantes. Esta tuvo como propósito determinar la autoeficacia específica de los maestros practicantes de nivel elemental en la enseñanza de las ciencias. En total participaron 55 maestros practicantes. Los datos cuantitativos se recopilaron a través de un cuestionario acerca de la autoeficacia de la técnica de evaluación utilizada por los docentes, el conocimiento del contenido científico, el método para enseñar y sobre el manejo de la sala de clase. En la técnica de la entrevista semiestructurada se incluyeron siete preguntas acerca de la autoeficacia en las ciencias. Los datos cuantitativos se analizaron de un ANOVA. La información cualitativa que se recopiló fue analizada a través de la categorización de la información. Entre las conclusiones más relevante de la investigación se puede mencionar que los docentes que imparten los cursos de preparación de los futuros docentes en ciencias y los

docentes responsables de enseñar la ciencia deben integrar en sus planes de estudio lecciones y actividades que fomenten la confianza de los estudiantes en la enseñanza de la ciencia que impartirán en un futuro.

Arthurs et al. (2020) realizaron una investigación mixta con un diseño convergente para tratar el tema del dibujo como método para facilitar el cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias terrestres. Esta investigación tuvo como propósito determinar la percepción que tuvieron los estudiantes sobre el concepto de los acuíferos utilizando el dibujo como método para enseñar. Así pues, la investigación se llevó a cabo en dos grupos, simultáneamente, en los que la participación fue de 46 estudiantes. Los datos cuantitativos y la información cualitativa se generaron desde tres matrices de valoración diferentes, reducidas a puntuaciones y a información narrativa acerca del desempeño. Los datos cuantitativos se analizaron utilizando un análisis estadístico de una prueba de *t*. La información cualitativa se analizó a través de la categorización. Cabe destacar que del análisis de los dibujos de los estudiantes y las rúbricas permitieron la triangulación de fuentes. Una de las conclusiones más relevantes de esta investigación es que el método para enseñar a través del dibujo fue uno eficaz, puesto que facilitó el cambio conceptual de forma positiva en los estudiantes. Por ese motivo, el método para enseñar debe ser uno variado para que las intervenciones de los docentes ayuden a preparar a los futuros docentes a comprender conceptos más complejos y de esa forma, encaminarlos a ser expertos de la materia.

De forma similar, Mills et al. (2019) realizaron un estudio mixto con un diseño convergente para tratar el tema del impacto de las animaciones en el aprendizaje de conceptos de las placas tectónicas. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del proceso de construcción de animaciones de fotografías digitales en el aprendizaje de los estudiantes sobre las placas tectónicas. Así pues, participaron 52 estudiantes a los cuales se dividieron en dos grupos para la elaboración de las animaciones digitales. Los datos cuantitativos se recopilaron a través de una prueba de aprovechamiento (modelo pre y pos). Por otro lado, la información cualitativa se recopiló por medio de grabaciones de audios de unos estudiantes elegidos. En ambas indagaciones se incluyeron temas para identificar la comprensión conceptual sobre las placas tectónicas. Los datos cuantitativos se analizaron utilizando un análisis estadístico de prueba *t*. Por otro lado, la información cualitativa se categorizó. Entre las conclusiones más relevantes se puede mencionar que es necesario que tanto los docentes como los estudiantes vean el aprendizaje como un proceso activo de construcción y reconstrucción del conocimiento científico. Es decir, que los docentes deben proveer un espacio en la sala de clases para que los estudiantes expresen las ideas preestablecidas de algún concepto y a partir de ahí, ofrecerles la oportunidad de experimentar nuevos fenómenos y establecer una comprensión compartida en la que se puedan basar. Además, en la investigación se indicó que, como parte del método para enseñar, los docentes deben facilitar debates en grupos y en clase, y formular preguntas que ayuden a la comprensión de los estudiantes.

Thomas et al. (2013) realizaron una investigación mixta con un diseño convergente para tratar el tema de la geociencia en la sala de clase. Esta investigación tuvo como propósito determinar las formas de ayudar a los docentes de escuela secundaria a incorporar la geociencia en la sala de clases. Así pues, participaron siete docentes. La información cualitativa se recopiló a través de las notas de campo, entrevistas hechas a los maestros al finalizar el proyecto, los diarios reflexivos elaborado por los maestros participando de la investigación, videos documentales y los diarios reflexivos de campo. Por otro lado, los datos cuantitativos se recopilaron a través de un cuestionario que se administró en dos antes y después de la intervención. Estos se analizaron con estadística no paramétrica. Por otro lado, la información que se recopiló se analizó utilizando un análisis comparativo de los hallazgos y creando categorías sobre los códigos de los temas que fueron surgiendo. Entre las conclusiones más relevantes de la investigación se puede mencionar que para desarrollar docentes que puedan enseñar ciencia se deben proveer talleres de desarrollo profesional que puedan ayudar a los maestros de ciencia a adquirir los conocimientos necesarios para incorporar en la sala de clases.

Resumen

En resumen, la revisión de literatura demostró que la enseñanza de las ciencias busca técnicas educativas para desarrollar las destrezas de la investigación, pensamiento crítico y científico. Además, durante el capítulo, se delimitó el concepto de la enseñanza de la ciencia como uno que busca aumentar la alfabetización científica, para poder fomentar un pensamiento crítico

en los estudiantes desde una temprana edad. Agregando a lo anterior, la enseñanza de las ciencias tiene como objetivo estimular discusiones entre los compañeros, que aporten elementos relevantes a su entorno y que ayuden a enriquecer su conocimiento sobre las ciencias. Por lo que se la enseñanza de la ciencia debe estar dirigida a acontecimientos actuales para que los estudiantes le otorguen una pertinencia en sus vidas. Dado a la exposición de la enseñanza de la ciencia se determinó que para poder alcanzar una mayor alfabetización científica se debía integrar el uso de múltiples modelos en la enseñanza de las ciencias para poder dilucidar los temas en las ciencias.

Por esta causa, se seleccionaron cinco modelos teóricos que se pueden aplicar para la enseñanza de las ciencias los cuales fueron el tradicional, el tecnológico el artesano-humanista, el descubrimiento investigativo y el constructivista-reflexivo. Es decir, administrar diferentes modelos de enseñanza para la ciencia contribuyen a una enseñanza más efectiva en la preparación de los futuros docentes para que puedan ejercer con un mayor conocimiento del tema. Con el fin de obtener un docente que imparte una enseñanza de excelencia, el educador debe tener un amplio conocimiento de los conceptos científicos que se desean implementar en la clase. Por esto, se presentó la teoría de la deriva continental y las placas tectónicas, ya que son los conceptos bajo estudio en esta investigación. Cabe destacar, que, para obtener una sociedad puertorriqueña con una mayor respuesta en un caso de emergencia de un terremoto, se debe aumentar la tasa de alfabetización científica con respecto a este tema. Además, para que el docente otorgue una enseñanza de

excelencia en estos conceptos, debe dominar los conceptos de la formación del ciclo de las rocas y las placas tectónicas según lo estipuló Alfred Wegner. Es decir, los docentes deben tener el conocimiento que la teoría de la deriva continental consistió en que en la era mesozoica los continentes estaban unidos por un solo suelo, pero luego a través de los años los continentes se fueron separando cada vez más. Por otro lado, la teoría de las placas respalda lo que se pensaba de la deriva continental, debido a que esta consistió en que en el fondo del océano había unos pedazos de tierra llamados litosferas que ocasionaban la expansión de los suelos. Por esto, en este capítulo se enfatizó en la formación de los futuros docentes en el campo de la ciencia, puesto que se un docente en las ciencias tiene el cometido de despertar el interés en los alumnos para crear ciudadanos conscientes con su entorno. Por tanto, el docente debe impartir una educación de alta calidad y de forma holística. En otras palabras, en el proceso de formación de estos futuros docentes se les debe ofrecer una diversidad de cursos que los preparen tanto con el conocimiento adecuado para que puedan alcanzar un mayor conocimiento de este y cursos que les enseñen estrategias a cómo enseñar y aplicar esas enseñanzas en el aula escolar.

No obstante, la literatura demuestra que el dominio del profesorado en los conceptos es vital para maximizar la comprensión de los estudiantes. Es decir que el dominio del docente reflejará en un futuro la habilidad de exponer y explicar el curso. Sin embargo, durante el proceso de revisión de literatura de la formación de un docente en ciencia se ha encontrado que los docentes carecen

del conocimiento didáctico del contenido y como consecuencia la población de Puerto Rico no presenta una alfabetización científica. Del mismo modo, es alarmante saber que en Puerto Rico el curso de Ciencias Terrestres no sea requisito para todos los estudiantes de las diferentes entidades de Universidades públicas y privadas. Por tal razón, la literatura respalda que se debe educar en la enseñanza de las ciencias y de esa forma sea capaz de enfrentar cualquier desastre natural. Es medular que los ciudadanos de Puerto Rico se eduquen en los conceptos de los sismos como reafirmó (Sismek, 2007). Mientras más personas se educan sobre el tema menor es la catástrofe y los riesgos de su población. De este modo la finalidad de este estudio es añadir a los conocimientos previos de los modelos teóricos para la enseñanza de la ciencia en los conceptos de la formación de las rocas y las placas tectónicas para mejorar las técnicas del manejo ciudadano de terremotos y así aumentar la alfabetización en las ciencias.

CAPÍTULO III

MÉTODO

Introducción

A través de esta investigación se estudiaron las estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. La selección de este tema se debe a que, según el geomorfológico puertorriqueño Molinelli-Freytes (2020), los daños que produciría un sismo tan fuerte como los que han ocurrido en el pasado serían potencialmente mayores hoy día. Así pues, se analizó este asunto desde la perspectiva del conocimiento que tienen los puertorriqueños acerca de lo que provoca un terremoto y cómo prepararse y actuar antes, durante y después de este. Por esta razón, se ha centrado la atención en los maestros de Ciencias, quienes tienen la responsabilidad de enseñar este tema y todo lo que implica dentro del contexto puertorriqueño. Sin embargo, es posible que, durante su formación académica, a estos maestros no se les haya proporcionado un conocimiento profundo sobre el tema, o si lo adquieren, se les orienta sobre cómo enseñarlo de manera efectiva mediante estrategias y recursos didácticos específicos. Desde estos planteamientos, mediante esta investigación se tuvo como propósito:

- indagó en torno a las estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, que recomiendan expertos en educación científica y en ciencias ambientales;

- profundizó acerca de las estrategias para enseñar tales contenidos, desde la perspectiva de la utilización de recursos didácticos específicos aplicables al contexto puertorriqueño; y
- recomendaron prácticas específicas para concretar la estructura para guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia.

A partir de estos propósitos, se aplicaron las recomendaciones de Creswell y Guetterman (2019) de utilizar una pregunta central de investigación seguida de preguntas específicas. Estas deben facilitar la recopilación de información acerca de todas las áreas o aspectos que componen la pregunta central. Así pues, la pregunta central de este estudio es:

¿Cómo debe estructurarse el proceso de enseñanza de los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, a base de prácticas y recursos específicos, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia del contexto puertorriqueño?

En consecuencia, a partir de la pregunta central de la investigación, se presentan las preguntas específicas, a saber:

1. ¿Qué estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas recomiendan los expertos en educación científica y en ciencias ambientales?

2. ¿Cómo comparan las estrategias recomendadas para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, desde la perspectiva de la utilidad para educar en torno a estos temas?
3. ¿Qué recursos didácticos sirven para complementar la especificidad de las estrategias para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?
4. ¿Qué puede recomendarse a los futuros maestros de Ciencias para concretizar la estructura para guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, para fomentar el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido?

Por consiguiente, a través de la presente investigación se hizo énfasis en la recopilación de información para cumplir con los objetivos planteados y responder a las preguntas de investigación establecidas. Por tanto, en este capítulo se expuso y explicó los siguientes epígrafes: (a) Metodología; (b) Diseño; (c) Selección de participantes; (d) Procedimiento, con énfasis en los permisos, la recopilación de información, la calidad interpretativa y el análisis de la información; y (e) Aspectos éticos.

Metodología

Para realizar esta investigación se seleccionó la metodología cualitativa. De acuerdo con Creswell y Poth (2018), esta comienza con las suposiciones y el uso de marcos interpretativos o teóricos a través de los que se informa el estudio de los problemas de investigación y se aborda el significado que los individuos o grupos atribuyen a un problema social o humano. Además, estos autores

indicaron que en las investigaciones cualitativas se prioriza la en la recopilación de la información que se encuentra de forma natural, en el contexto investigado, y luego de analizarla es que se establecen patrones o temas. Por su parte, McMillan (2016) expuso que a través del método cualitativo se hace énfasis en múltiples realidades que están basadas en las opiniones y percepciones de los participantes. Por ese motivo, el método cualitativo tiene una visión interpretativa de las interacciones sociales, las narraciones verbales y las observaciones de los participantes con otros, para estudiar adecuadamente un fenómeno.

Por consiguiente, en esta investigación cualitativa se ha puesto énfasis en cómo se deben enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, de modo tal que los estudiantes los asimilen y puedan desarrollar un sentido práctico para la vida. Es decir, que sepan actuar en el caso de que ocurra un terremoto, puesto que se vive en un área con continua actividad sísmica. Por tanto, comprender las perspectivas de docentes en educación científica y ciencias ambientales sobre cómo preparar a los futuros maestros para la enseñanza del tema en cuestión, hizo pertinente la elección de un enfoque metodológico cualitativo. Pues, precisamente, se deseó indagar en torno a las estrategias que ellos consideran idóneas, de modo que se puedan recomendar a los futuros maestros de Ciencias para que concreten la estructura de guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Así se espera que se fomente un incremento en su conocimiento didáctico del contenido.

Respecto a la fundamentación filosófica de esta investigación, se ha tenido como base el paradigma del constructivismo, debido a que en su ontología se tienen presentes las múltiples realidades del contexto bajo estudio (Creswell & Guetterman, 2019; Lucca & Berríos, 2009; Maxwell, 2013; McMillan, 2016; Merriam & Tisdell, 2016). Estas múltiples realidades permitieron tener una perspectiva holística de la enseñanza de las Ciencias. Por esto se indagó en torno a las estrategias de enseñanza de los expertos en educación científica y en Ciencias Ambientales que se construyeron a través de la experiencia de estos. Además, desde el elemento paradigmático de la epistemología se pudo observar la reciprocidad entre el investigador y los participantes, puesto que los hallazgos se observan a medida que progresa la indagación de este (Creswell & Guetterman, 2019; Lucca & Berríos, 2009; Maxwell, 2013; McMillan, 2016; Merriam & Tisdell, 2016). Finalmente, a partir de estos autores, cabe señalar que a través del elemento paradigmático de la metodología se consideró una perspectiva dialéctica y hermenéutica, visto que se tratarán de interpretar las perspectivas para enseñar los contenidos de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas.

Por su parte, Creswell (2012) sustentó que la metodología cualitativa es la más adecuada para abordar un problema de investigación en el cual su conocimiento existente es limitado y es necesario explorar. En relación con esto, en esta investigación se hará énfasis en la indagación a través de la técnica de la entrevista semiestructurada. Así, de manera individualizada se exploró el fenómeno bajo estudio. En definitiva, la elección de la metodología cualitativa se

consolidó como la más pertinente para esta investigación, puesto que se analizó la información y se interpretó respecto a las estrategias y recursos para enseñar el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; pues, este aspecto es poco tratado en la formación de los maestros. En efecto, estos aprenden contenidos, pero no se les enseña a cómo dirigir el proceso de enseñanza de estos.

Modalidad de la investigación

Para guiar la investigación se utilizó la modalidad exploratoria a través de un estudio cualitativo básico. Merriam y Tisdell (2016) indicaron que en un estudio cualitativo básico el interés del investigador radica en la comprensión del significado que un fenómeno tiene para los participantes y ese significado no se descubre, sino que se construye a partir de la connotación que los participantes le otorgan. Las autoras indicaron, además, que este tipo de investigación cualitativa es común y se conoce como estudio interpretativo básico. Respecto a la modalidad, cabe destacar que, cuando se realiza una investigación cualitativa básica exploratoria, el interés está en auscultar cómo las personas interpretan sus experiencias, construyen su mundo y otorgan significado a estas (Merriam & Tisdell, 2016). En efecto, las autoras resaltaron que “en toda investigación cualitativa, el propósito principal es entender cómo la gente otorga sentido a su vida y experiencias” (p. 24).

Por tanto, a través del estudio cualitativo básico exploratorio se indagó en torno a cómo deben enseñarse los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. A causa de que los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas es un tema que presenta muy pocos estudios y no se le ha

otorgado mayor énfasis, previamente, se justifica el uso de la modalidad exploratoria a través del estudio cualitativo básico. Hernández et al. (2014) sostuvieron que la modalidad exploratoria se utiliza cuando en una investigación se desea abordar más sobre un fenómeno desconocido o novedoso que hasta ese momento se conoce muy poco. Además, Hernández et al. mencionaron que esta modalidad se utiliza cuando en la revisión de literatura se evidencia que existen ideas difusas en relación con el problema o fenómeno bajo estudio. Por otro lado, cabe resaltar, que el estudio exploratorio se lleva a cabo cuando una investigación desea generar el entendimiento de conceptos y teorías que la gente sustenta y se desean estudiar (Maxwell, 2013).

Selección de participantes

Para elegir a los participantes de esta investigación se llevó a cabo una selección intencional con un método de caso típico. La unidad de análisis se considera como cada uno de los componentes de los que se obtiene información, en el caso de esta investigación, los participantes (Creswell & Guetterman, 2019; Creswell & Poth, 2018; McMillan, 2016). Respecto a la selección intencional, Creswell y Poth (2018) afirmaron que la selección intencional incluye que “el investigador selecciona a los individuos y lugares de estudio, ya que la información brindada por estos componentes contribuye en la comprensión del problema de la investigación y del fenómeno central del estudio” (p. 506). Por ese motivo, se enfocará en la selección de participantes que ofrezcan la información necesaria para contestar las preguntas de investigación. De acuerdo con Meriam y Tisdell (2016), la selección intencional

tiene como objetivo descubrir, comprender y obtener información relevante para la investigación. La selección intencional es una estrategia crucial en la investigación cualitativa, ya que permite seleccionar participantes que puedan proporcionar información valiosa para abordar el problema de investigación.

Por todo lo que se mencionó anteriormente, en esta investigación la selección intencional de participantes se completó por medio del método de caso típico, debido a que los docentes universitarios son esa unidad de análisis que mejor pueden representar unas características de un tipo de personas en específico (Creswell & Guetterman, 2019; Creswell & Poth, 2018; McMillan, 2016), en este caso a docentes expertos en educación científica y ciencias ambientales. En efecto, estos ofrecen esa información respecto al tema bajo estudio, puesto que tienen el conocimiento acerca de lo que se investiga. Esto ayudó a que se obtenga riqueza desde la centralidad del tema, lo que redundará en la comprensión, profundidad y la calidad de información (Creswell & Poth, 2018). Dicho de otra manera, se seleccionó el caso típico, porque cada profesor experto representa a colegas que ejercen su misma profesión en el área de especialidad. Además, se debe mencionar que en la investigación participaron siete profesores, de diversas especialidades, es decir, de educación científica, ciencias sociales y ciencias ambientales.

Características de los participantes

En la siguiente investigación los participantes son docentes universitarios, de las áreas de educación científica, ciencias sociales y ciencias ambientales. Estos poseen grado doctoral y se desempeñan ofreciendo cursos a nivel de

bachillerato. Los docentes de educación científica ofrecen cursos de Metodología de la Enseñanza de las Ciencias a nivel elemental y secundario. Los docentes del área de ciencias ambientales ofrecen cursos de Ciencias Terrestres, Física, Geología o Geografía. Estos ofrecen cursos para estudiantes diversos entre los que se incluyen los futuros maestros de Ciencias.

Contexto de la investigación

Esta investigación se llevó a cabo en el contexto de la formación de futuros maestros de Ciencias. Pues, son los docentes universitarios, expertos en educación científica y ciencias ambientales, quienes educan a los futuros maestros de nivel secundario sobre los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Es decir, este contexto proviene a raíz de que, según se indicó en el capítulo I, el curso de Ciencias Terrestres no es medular ni se contempla como electiva en las instituciones universitarias de Puerto Rico. Por ese motivo, se indagó acerca de cómo deben enseñarse los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, tal que se pueda propiciar el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencias.

Procedimiento

En la investigación, el procedimiento se expuso en tres partes: (a) Aspectos administrativos; (b) Recopilación de información; y (c) Análisis de la información. En los aspectos administrativos de la investigación se explicó los permisos que se solicitaron para llevarla a cabo, así como el contacto inicial que se hizo con los posibles participantes. En la recopilación de información se indicó, definió y

describieron las técnicas que se utilizaron para recopilar la información. Respecto a esto se ha explicitado cómo se evidenció la calidad interpretativa. Por último, se describieron los aspectos que se relacionan con el análisis de información.

Aspectos administrativos

Antes de proceder con los aspectos administrativos de la investigación, el investigador evidenció que aprobó el certificado del *Citi Program* para la realización de investigación con seres humanos (ver Apéndice A). Una vez se presentó la propuesta para investigación y el Comité de tesis la aprobó, solicitó la autorización para realizar la investigación al Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Luego de obtener la autorización del CIPSHI, se realizó una carta para contactar a los participantes.

Contacto inicial

Con el objetivo de reclutar a los participantes de la investigación, el investigador identificó a los docentes que imparten cursos de educación científica en la Facultad de Educación de la institución de educación superior en estudio. Igualmente, identificaron a los profesores que ofrecen cursos de Ciencias Ambientales, Ciencias Terrestres, Geografía y Geología en las facultades de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales de la misma institución. La razón se debe a que, los estudiantes de educación en ciencias pueden tomar estos cursos como parte de su formación académica. La identificación de los docentes se hizo a través de las páginas de Internet de las Facultades/Escuelas,

Departamentos y Programas de la institución bajo estudio. Como parte de la identificación de los profesores se ha registrado el correo electrónico institucional en los directorios de las facultades en sus páginas electrónicas oficiales.

Luego de identificar a los profesores y registrar su dirección de correo electrónico institucional, el investigador les envió un mensaje para invitarles a participar de la investigación. Como parte del mensaje se les ha incluido la siguiente información: propósito del estudio, breve descripción de lo que consiste la participación y la forma en que contactarán al investigador, en caso de que deseen participar de la investigación. Una vez se recibieron las respuestas de los posibles participantes, se contactaron a aquellos interesados en participar para coordinar el encuentro de forma presencial y virtual para realizar la entrevista. Antes de comenzar, la entrevista, se les entregó y explicó la Hoja de Consentimiento Informado (ver Apéndice B) por medio de la que se les solicitó formalmente su decisión con respecto a participar de manera voluntaria. Hay que destacar que el participante eligió si deseaba que se le entrevistara de forma presencial o virtual, para no afectar sus labores docentes ni administrativas como parte de sus funciones en la institución bajo estudio. Según eligieron, se procedió con las acciones correspondientes para llevar a cabo la recopilación de información.

Recopilación de la información

Según Hernández et al. (2014), la recopilación de información es fundamental para la investigación cualitativa, pues se busca obtener información de diferentes unidades de análisis para así responder a las preguntas de

investigación. De forma similar, Creswell y Poth (2018) sostuvieron que la recopilación de información se compone de una serie de actividades interrelacionadas cuyo objetivo es obtener información que facilite responder las preguntas de investigación. De igual modo, el investigador cualitativo puede reunir información de más de una fuente (Creswell & Poth, 2018). Como parte de esta sección se indicó la técnica que se utilizó y por qué se seleccionó. Luego se explicó acerca de lo que se preguntaría y cómo se realizaría el proceso. Por último, se argumentó acerca de las evidencias para la calidad interpretativa, respecto a la depuración de la técnica y acciones que se realizaron para evidenciar comprensión, transparencia y credibilidad como parte de la calidad.

Entrevista semiestructurada

De acuerdo con Creswell y Poth (2018), la entrevista de investigación cualitativa se describe como el intento de comprender el mundo desde el punto de vista de los participantes, de manifestar el significado de su experiencia, de descubrir su mundo vivido. Por ese motivo, lo que el investigador pregunte dependerá del propósito del estudio y las preguntas centrales. De la misma forma, la entrevista se considera como un método para inquirir en un intercambio de ideas a través de una conversación entre dos o más personas y se considera el uso de unas preguntas que guíen la conversación (Creswell & Guetterman, 2019; Lucca & Berríos, 2009; Merriam & Tisdell, 2016).

Así pues, la entrevista fue semiestructurada, puesto que, aunque se tiene una guía de preguntas, es un poco más flexible en la secuencia de estas y la inclusión de preguntas de seguimiento para clarificar respuestas o profundizar

en los conceptos compartidos y la definición que los participantes adjudican a estos. Dicho de otra forma, el investigador puede alterar el orden de las preguntas, según fluya el diálogo, y hacer preguntas específicas adicionales a base de las respuestas provistas (Creswell & Guetterman, 2019; Lucca & Berríos, 2009; Merriam & Tisdell, 2016). La entrevista es idónea para llevar a cabo la recopilación de información, porque el investigador tiene la oportunidad de indagar con mayor profundidad y, desde esto, identificar, describir y comprender las estrategias y recursos para enseñar el tema de la formación de rocas y las placas tectónicas, que los participantes indiquen en sus respuestas.

Descripción. Dado la flexibilidad que el investigador tuvo durante el proceso de entrevista semiestructurada para adaptarse a las respuestas que se dieron durante el diálogo, se estructuró un protocolo de preguntas guías (ver Apéndice C). Como parte de este se les preguntó a los participantes acerca de: (a) estrategias para enseñar los contenidos de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; (b) recursos didácticos diversos para complementar la especificidad de las estrategias para enseñar los contenidos; (c) la relevancia de facilitar a los futuros maestros guías para la enseñanza; y (d) recomendaciones para establecer guías curriculares para la enseñanza.

En cuanto al proceso para implementar la entrevista como técnica, se comenzó por hacer contacto con los profesores para invitarles a participar de la investigación y explicarles el propósito. Esto se explicó en la parte del contacto inicial. Una vez se obtuvo el permiso para contactarlos, se les invitó a participar de la investigación a través del correo electrónico institucional, en la que se

describió la investigación. Cuando los profesores accedieron a participar, se les envió un correo como respuesta al investigador y este coordinó con ellos cuándo y bajo que modalidad llevar a cabo la entrevista. Como parte de la coordinación se discutió el consentimiento informado, así como las instrucciones para la entrevista presencial o el manejo del recurso virtual en caso de esta modalidad ser seleccionada, y las interacciones en la entrevista.

Las entrevistas se realizaron de forma presencial o virtual (a través de la plataforma *Microsoft TEAMS*), en la fecha y hora que seleccionó cada profesor. Como parte del proceso, se les orientó de que escogieran un espacio seguro y privado, donde se sintieran cómodos en un ambiente libre de interrupciones de asuntos académicos y administrativos. Para garantizar la confidencialidad de las entrevistas, se seleccionó un lugar en el que no era posible que terceras personas pudieran escuchar la conversación o ver la pantalla con la transmisión. Se debe mencionar que en aquellas entrevistas que se realizaron de forma virtual, antes de comenzar, se repasó el propósito con cada participante. Adicional, se instruyó del uso de la plataforma y sus funciones. Para facilitar la comprensión, se compartió la pantalla con cada participante durante la entrevista para presentar las preguntas, los puntos de discusión, el consentimiento, las instrucciones y otros aspectos que sean pertinentes durante la entrevista.

A través de la Hoja de Consentimiento Informado se solicitó autorización para grabar en audio o vídeo (en aquellos casos de modalidad virtual). Esto se realizó con el propósito de tener completitud en las respuestas y así, garantizar la calidad desde la credibilidad de la información. Asimismo, durante la entrevista,

el investigador tomó notas de las respuestas que requieran aclaración. Al finalizar el proceso, se repasaron las notas para clarificar las respuestas con los participantes y se les agradeció por su participación. Para proteger la identidad de la persona que se entrevistaron, se utilizaron seudónimos con la palabra “profesor” y un número de identificación (e.g., profesor 1, profesor 2, hasta llegar al número total de participantes).

Evidencias para la calidad interpretativa. Las evidencias de calidad interpretativa de los hallazgos, principalmente, se centraron en las acciones para la depuración de la técnica, tal que se facilitaran la indagación y profundización (Lincoln & Guba, 1995; Maxwell, 2003; Wolcott, 1994). Por tal razón, antes de comenzar con la recopilación de información se verificó el rigor de la calidad interpretativa de las técnicas que utilizó el investigador (Sandín, 2000). Así pues, como evidencia preliminar se estableció correspondencia entre las preguntas de investigación y las preguntas de la entrevista. Es importante destacar que las preguntas de la entrevista se sustentaron con la literatura teórico-conceptual. Luego, se evaluó la relevancia, pertinencia y aspectos metodológicos de las preguntas de la entrevista mediante la evaluación de un panel de expertos. Este panel estuvo compuesto por expertos en currículo en ciencias e investigación cualitativa. Una vez este panel evaluó las preguntas e hicieron recomendaciones, que eventualmente fueron incorporadas. Esto condujo a la depuración del protocolo de preguntas antes de ponerlo en práctica formalmente.

Pertinencia de la información que se recopilará

La pertinencia de la información que se recopiló radicó en que se obtendrá la información acerca de las estrategias y recursos que los expertos en educación científica y ciencias ambientales consideren apropiadas para preparar a los futuros docentes. En efecto, se espera que estos informen acerca de los conceptos a los que debe otorgárseles mayor énfasis para dirigir el aprendizaje de los estudiantes para la vida. A partir de este estudio, se espera formular recomendaciones para fortalecer la formación de futuros maestros en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido.

Análisis de la información

El análisis implica estructurar información no estructurada y variada (Hernández et al., 2014). La información por su parte consiste en la observaciones y narraciones de los participantes por parte del investigador. Cabe destacar que la recopilación de información permite combinar diferentes pasos investigativos, tal que se aumente el entendimiento de un fenómeno de interés (Creswell & Guetterman, 2019; Gay et al., 2012). Por tanto, se espera que desde el análisis de información cualitativa se obtengan hallazgos a través de los que se ilustre lo que surja del mismo proceso investigativo.

Por lo tanto, el análisis de información se relaciona con conceptos que se observan en el método cualitativo, como lo son la descripción narrativa, la categorización, las categorías, la reducción, la triangulación y la interpretación. En la descripción narrativa se explica, de manera detallada, el proceso investigativo, el contexto y los participantes. En la categorización se segmenta la

información en unidades más pequeñas, a base de las categorías que se identifican antes y durante el proceso de análisis que se realice. En la reducción de la información se realiza una síntesis de esta y se elimina la información sobrante. Finalmente, desde la triangulación se combinan las fuentes de información, para dirigir los hallazgos hacia un mismo fin, lo que redundará en la interpretación de estos con énfasis en su significado y utilidad de forma contextualizada (Creswell & Guetterman, 2019; Gay et al., 2012).

El análisis de la información toma en consideración el uso de diferentes métodos que organizan el proceso, por ese motivo en esta investigación se considerará el uso del modelo de Creswell y Guetterman (2019). Pues, a través de las seis etapas que estos propusieron, se guío al investigador en el análisis de la información y se facilitó la interpretación de los hallazgos. Las seis etapas fueron las siguientes: (a) organizar la información; (b) explorar y categorizar; (c) categorizar para la descripción y los temas; (d) representar y exponer los hallazgos; (e) interpretar los hallazgos; y (f) validar la precisión de los hallazgos. Es importante resaltar, que el modelo de Creswell y Guetterman se caracteriza por brindar un sentido a la información que se recopila y, a su vez, se entra en el proceso de categorización para obtener los temas acerca del fenómeno central de la investigación. Además, estos autores indicaron que su modelo es uno inductivo, por lo que se espera que desde las categorías del análisis surjan los temas generales para exponer los hallazgos.

En esta investigación se seleccionó este modelo, porque guía de forma organizada y estructurada al investigador a completar un análisis cualitativo

desde el inicio hasta el final de este. De tal forma, desde el modelo se favorece el análisis de la información a la vez que se va recopilando, de modo que el investigador fue observando desde el inicio la completitud de la información para identificar la información que posiblemente puede faltar. De faltar alguna información, se propició a regresar a la recopilación de la información con la fuente o unidad de análisis. En este sentido, el modelo favoreció que el análisis fuese uno minucioso, ya que constantemente el investigador analizó la información mientras la fue recopilando, lo que permitió que se le otorgue sentido a la información.

En primer lugar, se completó la preparación y organización de información, a través de la clasificación de las transcripciones de las respuestas a las preguntas de la entrevista. Por otra parte, se exploró la información, mediante una lectura minuciosa de las transcripciones. A partir de tener la información transcrita se comenzó la codificación para el desarrollo de la descripción y el establecimiento de temas, de manera que a base de las codificaciones se segmentara la información según la complejidad del fenómeno. A continuación, se representaron los hallazgos a través de tablas comparativas, figuras y diagramas, tal que apoyaron el narrativo de los hallazgos sobre la enseñanza de los contenidos de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. A partir de ese proceso se interpretaron los hallazgos para poner énfasis en el significado de estos. Por último, se validó la precisión de los hallazgos, por medio de la triangulación de los participantes. Es decir, un aspecto que proveyó credibilidad a la información durante una entrevista fue el instrumento en donde

se anotaron las respuestas cortas de los entrevistados y las ideas que surgieron al entrevistador durante la entrevista. La finalidad de este proceso fue mantener separado lo que informaron los participantes y las ideas del investigador. Por ese motivo, se elaboró una tabla con tres columnas para utilizarlo durante las entrevistas. En la primera columna de la tabla se presentaron las preguntas de la entrevista. En la segunda columna se redactó cualquier información compartida por el participante que se deseaba recordar para ser utilizada como una cita directa del participante o para describir cualquier lenguaje no verbal. En la tercera columna se redactó sobre cualquier interpretación que el participante indicó o cualquier asunto que el entrevistador desee recordar. Cabe resaltar que, esto fue importante considerando que el proceso de análisis cualitativo comienza simultáneamente con la recopilación de información. Después de todo, el análisis cualitativo consistió en el proceso de reflexión del investigador en torno a la información que le es compartida por los participantes (V.E. Bonilla, comunicación personal, 27 de abril del 2023).

Aspectos éticos de la investigación

Para asegurar los principios de autonomía, privacidad y confidencialidad, se solicitó a los participantes su consentimiento para participar de la investigación a través de la Hoja de Consentimiento Informado. En esta hoja se les explicó a los participantes en qué consistió su participación en la investigación, los riesgos y beneficios, la confidencialidad y sus derechos como participantes. En efecto, se les ha indicado que su participación fue libre y voluntaria y con la opción de darla por terminada en cualquier momento, sin que esto representara ninguna

penalidad. Además, a los que eligieron realizar la entrevista de forma virtual, se les comunicó que las investigaciones con transferencia de información por Internet pueden ser interceptadas por terceros. Por esto, según la recomendación del CIPSHI, se incluyó la siguiente cláusula en la Hoja de Consentimiento Informado:

La información que comparta electrónicamente en el dispositivo (computadora, celular u otro) o plataforma que utilice puede ser intervenida o revisada por terceras personas. Estas personas pueden tener acceso legítimo o ilegítimo al dispositivo y a su contenido como un familiar, patrono, *hackers*, intrusos o piratas informáticos, etc. Además, en el dispositivo que utilice puede quedar registro de la información que acceda o envíe electrónicamente.

En el caso de los que eligieron la entrevista virtual, se les orientó a los participantes acerca del uso correcto del recurso que se utilice (i.e., *Microsoft TEAMS*). Para ello, se redactaron las instrucciones específicas y claras, así como para todo accesorio necesario (e.g., cámara, micrófono). Además, se incluyeron cómo se procedería si hubiese una interrupción en la comunicación, y cómo proceder para desconectarse. Además, el investigador se aseguró de proteger las grabaciones audio-digitales que se generaron durante las entrevistas en la investigación y que estas se utilizarán solo para la realización de las transcripciones y la verificación de éstas, en caso de dudas respecto a respuestas específicas durante el proceso de análisis. No obstante, estas se borrarán de la computadora y de cualquier instrumento de almacenaje digital.

Por otra parte, se tomó la precaución de que los participantes del estudio no se identifiquen para fines de publicación, al igual que la institución. Para esto, se utilizó un seudónimo para cada participante, sin que se identifique su nombre

real u otra información personal. Tampoco se incluyeron citas de las entrevistas que permitieran identificar al participante o a la institución. Asimismo, el investigador se comprometió a cuidar el manejo confidencial de cualquier información o documento recibido durante la recopilación de información (e.g., Hoja de Consentimiento Informado). Cabe mencionar que el investigador y, en caso de necesidad, el director de disertación, son quienes únicamente tendrán acceso a la información cruda o que pueda identificar directa o indirectamente a un participante, incluyendo la Hoja de Consentimiento Informado. Sin embargo, según se indica desde el CIPSHI, oficiales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, de la institución bajo estudio o de agencias federales responsables de velar por la integridad en la investigación, podrían requerir al investigador los datos obtenidos en este estudio, incluyendo la hoja de consentimiento informado. En el caso de que se obtengan documentos en papel durante la investigación, estos se archivarán bajo llave en la residencia de investigador principal por un período de tres años y luego de este tiempo se triturarán y descartarán.

Finalmente, para argumentar acerca de los beneficios de este estudio y de los riesgos que podrían tener los participantes, cabe mencionar que se estima que el participar en esta investigación tenga un riesgo mínimo: la posible incomodidad que puedan sentir los participantes al responder alguna de las preguntas o el agotamiento por el tiempo de la entrevista o el uso del recurso virtual. En cuanto a los beneficios, no se prevén beneficios directos para los participantes. No obstante, se estima que se obtengan beneficios indirectos,

respecto a las recomendaciones para la formación de futuros maestros y su desarrollo del conocimiento didáctico del contenido. Con respecto a los riesgos, los participantes tuvieron la opción de no responder una pregunta que no desearan responder, tomar una pausa durante la entrevista y hasta decidir no continuar la entrevista si así lo deseaban, sin que esto incidiera en penalidad alguna.

CAPÍTULO IV

HALLAZGOS

Introducción

En este capítulo se presentan los hallazgos de esta investigación, destacándose asociados a: (a) la enseñanza de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; (b) las actividades y recursos didácticos para la integración en el aula escolar; (c) los conceptos que los expertos consideraron que se debe dar mayor énfasis; (d) las limitaciones al enseñar estos conceptos; y (e) las recomendaciones que los expertos hicieron para enseñar y concienciar en torno al tema. Esta investigación se llevó a cabo mediante un estudio cualitativo básico de carácter exploratorio. Se eligió esta modalidad debido a que el objetivo principal del investigador fue comprender el significado que un fenómeno específico tenía para los participantes. Este significado se construyó a partir de las interpretaciones y connotaciones que los propios participantes le atribuyeron (Merriam & Tisdell, 2016).

La investigación se centró en analizar cómo los profesores universitarios expertos en áreas relacionadas con las Ciencias Terrestres o Educación abordaban los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. La investigación se centró en analizar cómo los profesores universitarios expertos en Ciencias Terrestres o Educación abordaban los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Con el objetivo de lograr una mayor alfabetización científica en futuros docentes, se puso énfasis en los recursos didácticos, las actividades y los métodos para enseñar que estos integraban en sus cursos.

Además, se indagó acerca de las limitaciones actuales y los desafíos presentes que dificultan el enriquecimiento de estos futuros docentes. Por otro lado, se analizó la perspectiva de los profesores sobre las mejoras necesarias para ejercer su profesión en el futuro. Para esta investigación se realizó una selección intencional de participantes de caso típico. Esta selección se realizó dado que los profesores universitarios representan la característica de un tipo de sujetos en específico; desde la perspectiva de cómo se está preparando a los futuros docentes que ejercerán en el aula escolar (Creswell & Guetterman, 2019; Creswell & Poth, 2018; McMillan, 2016). La recopilación de información se realizó mediante la técnica de la entrevista semiestructurada presencial o virtualmente, según disponibilidad de los profesores. Por otro lado, se trabajó la transcripción de las entrevistas y la organización de la información, utilizando el modelo de análisis de Creswell y Guetterman (2019). Como parte de los hallazgos, se realizó una descripción de los participantes de forma general. Como elemento preliminar para la exposición de los hallazgos, se elaboró una lista de las categorías con su descripción y luego se presentó la identificación de macrocategorías.

Descripciones iniciales

Esta investigación se trabajó mediante un enfoque cualitativo para auscultar la perspectiva de los profesores expertos en enseñanza de las Ciencias y en áreas relacionadas con Ciencias Terrestres, por ejemplo, Ciencias Ambientales, Geografía y Geología. Esto se hizo para conocer los aspectos de la enseñanza en los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas y sus

recomendaciones al respecto. A través del proceso de entrevista se logró entrevistar a siete profesores universitarios. En las próximas subsecciones se presentará el contexto general del proceso de entrevista, las descripciones de los profesores. Luego, se dará paso a la exposición de los hallazgos de la investigación.

Contexto de la investigación

Las entrevistas se coordinaron con los profesores universitarios por medio del correo institucional. Es decir, el investigador comenzó visitando las Facultades de Educación, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales para identificar información de los profesores que ofrecían los cursos relacionados con la enseñanza de los temas bajo estudio. Luego, se localizó el correo institucional de cada profesor y se envió un correo invitando a participar en la entrevista. Cabe resaltar, que a cada profesor se le compartió un correo electrónico personalizado y con la carta de invitación y la hoja de consentimiento informado. Además, se les expresó que el investigador podía ajustar su horario y ubicación para que los profesores pudieran participar. En toda comunicación se integró al director de la tesis.

Durante el proceso de entrevista se confirmó con los profesores el día, la hora y la ubicación de su preferencia para completar la entrevista y en todo momento se procuró ser agradecido por aceptar participar de la entrevista. En el proceso de las respuestas de las entrevistas se observó una gran disposición por parte de los profesores en contestar las preguntas completas y un gran interés en el tema presentado. Se observó que los profesores reflexionaron

sobre la importancia de ambos temas para Puerto Rico y la mayoría expresaron que, conocer más sobre estos temas, debería ser medular para los puertorriqueños dada la ubicación geológica. En cuanto a la formación de los profesores universitarios, en su mayoría han ofrecido cursos con temas asociados a los temas bajo estudio. Por último, seis de las siete entrevistas se completaron de manera presencial y una de forma virtual.

Recopilación de información

La recopilación de información consistió en una serie de entrevistas semiestructuradas. Con el uso de esta técnica se pudo completar el proceso de preguntas y respuestas entre el investigador y los profesores. La información se recopiló mediante entrevistas a cada uno de los profesores y los apuntes que el investigador hizo durante el proceso de entrevista a lo que los participantes otorgaron mayor énfasis. Cabe resaltar, como se mencionó anteriormente, que se indagó acerca de: (a) la enseñanza de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; (b) las actividades que se completan en clase; (c) las estrategias para enseñar que utilizaban; (d) los tipos de recursos didácticos para complementar la enseñanza; (e) los conceptos a los que se debe otorgar mayor énfasis; (f) las limitaciones que se encontraban para enseñar; y (g) las recomendaciones que los profesores hicieron para enseñar y concienciar. Todo esto se preguntó para conocer cómo se puede aumentar la alfabetización científica respecto a estos temas en los ciudadanos puertorriqueños y preparar a los futuros docentes con los recursos necesarios para impartir una clase de excelencia y evitar errores conceptuales en el futuro.

Proceso para análisis de la información

Es importante mencionar que el modelo de análisis de Creswell y Guetterman (2019) consiste en seis etapas. Mediante estas, el investigador guió el análisis de la información y facilitó la interpretación de los hallazgos. Las seis etapas fueron las siguientes: (a) organizar la información; (b) explorar y categorizar; (c) categorizar para la descripción y los temas; (d) representar y exponer los hallazgos; (e) interpretar los hallazgos; y (f) validar la precisión de los hallazgos. El modelo de Creswell y Guetterman, se caracteriza por brindar un sentido a la información que se recopila y, a su vez, se inicia el proceso de categorización y codificación para obtener los temas acerca del fenómeno central de la investigación (Creswell & Guetterman, 2019). Además, estos autores sustentaron que su modelo es uno inductivo, por lo que se espera que las categorías de la investigación surjan a partir de los temas singulares. Por esta razón, se seleccionó este modelo, ya que proporciona una guía organizada y estructurada para que el investigador realice un análisis cualitativo completo, desde el inicio hasta el final de este. En efecto, este modelo facilita el análisis de la información incluso mientras se recopila. De este modo, el investigador puede evaluar desde el principio la exhaustividad de los datos y determinar cuándo se alcanza el punto de saturación. Es decir, identificar la información que, posiblemente, puede faltar, regresar a la recopilación de la información con la fuente o unidad de análisis, hasta evidenciar que todo lo que se necesita se encuentra. En resumidas cuentas, con el modelo se favorece que el análisis sea

uno minucioso, ya que, constantemente, el investigador estará analizando la información para otorgarle sentido desde quién y en torno cómo se recopila.

Una vez terminado cada proceso de entrevista, el investigador comenzó el proceso de la transcripción *ad verbatim* para la creación del corpus para análisis. Asimismo, a base de los propósitos y las preguntas de investigación se identificaron y describieron las categorías preliminares. Luego, con la categorización inicial se identificaron las categorías emergentes. Para ambas, se elaboraron las descripciones (ver tabla 4.1), a base de las que se completó el proceso de categorización. Este proceso se realizó con el programado de NVivo. Lo que facilitó la segmentación de la información por categoría. Una vez se completó una lectura minuciosa del corpus para codificar la información, se interrelacionaron las categorías, dando paso a la elaboración de las macrocategorías o los temas para la exposición de hallazgos en relación con las preguntas de investigación.

Tabla 4.1

Categorías para análisis y su descripción

Categoría	Descripción
Estrategias para enseñar	Estrategias/métodos que utiliza el profesor para enseñar el contenido de la clase.
Utilidad de las estrategias	Indicaciones acerca de la utilidad de las estrategias.
Actividades para enseñar temas o conceptos	Actividades educativas o tareas de desempeño que se utilizan para enseñar.
Recursos didácticos	Recursos didácticos para presentar temas o conceptos (e.g., presentaciones, libros, módulos, simuladores, etc.).
Importancia del recurso didáctico	Importancia acerca de los recursos relevantes para enriquecer el contenido de la clase en ambos temas.
Conceptos específicos que se cubren	Temas o conceptos específicos que el profesor pone énfasis en clase.
Énfasis de conceptos al enseñar	Descripción de los conceptos que los profesores consideraban más importantes o del orden en que deben presentarse.

Categoría	Descripción
Recomendaciones para presentar temas o conceptos	Recomendaciones para presentar los temas o conceptos.
Importancia de saber del tema	Importancia de conocer acerca de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas.
Recomendaciones para concienciar	Experiencias significativas en torno a concienciar a los estudiantes acerca del tema.
Limitaciones al aplicar temas o conceptos	Aspectos que imposibilitan que se dé la ejemplificación de los temas o conceptos.
Retos al presentar el tema o conceptos	Aspectos negativos al presentar los temas o conceptos.

Participantes: Características y roles

Los profesores participantes se seleccionaron de la institución universitaria bajo estudio, según las áreas de especialidad que se propusieron en la sección de Selección de participantes del capítulo III. En la tabla 4.2 pueden observarse las áreas de especialidad. La profesora 1 era del Área de Educación, experta en enseñanza de las ciencias, por lo que ofrecía distintos cursos acerca de cómo enseñar las ciencias. Los profesores 2, 3, 5 y 7 eran profesores de Ciencias Sociales, que ofrecían cursos de Geografía y Geología. El profesor 4 era del Área de Ciencias Naturales y ofrecía cursos de Ciencias Ambientales. Por último, el profesor 6 del Área de Educación, experto en enseñanza de las ciencias. Este ofrecía cursos acerca de procesos terrestres y geológicos, aunque ha ofrecido otros cursos acerca de la enseñanza de las ciencias.

Tabla 4.2

Profesores participantes y sus áreas de especialidad

Profesor	Área de especialidad
Profesora 1	Enseñanza de las Ciencias
Profesor 2	Geografía y Geología
Profesora 3	Geografía y Geología
Profesor 4	Ciencias naturales
Profesor 5	Geografía y Geología
Profesor 6	Enseñanza de las Ciencias
Profesor 7	Geografía y Geología

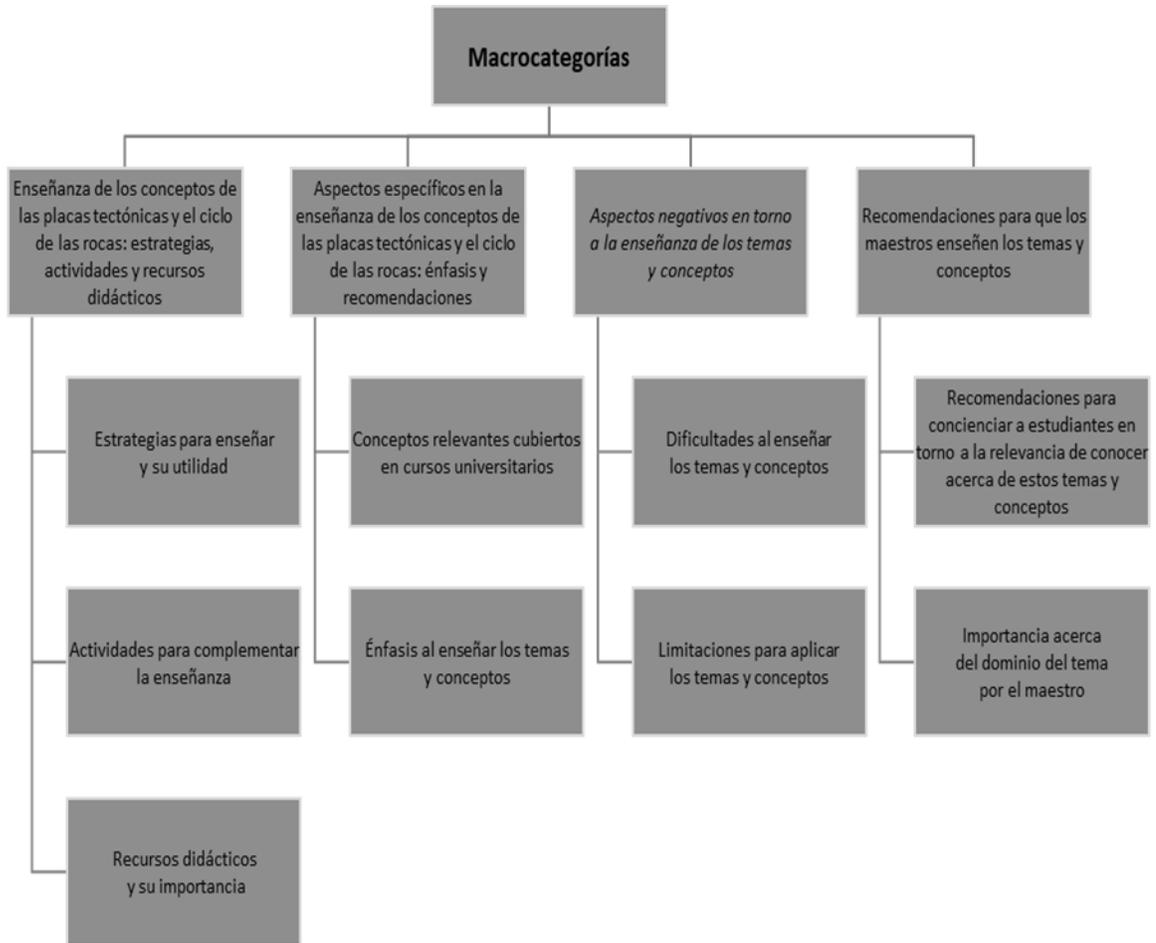
Nota. No se indicó información más específica para que no se identifiquen estos ni la institución bajo estudio, según se propuso en el aspecto ético de confidencialidad.

Exposición de los hallazgos

Los hallazgos se formularon a partir de los temas que surgieron en la investigación (i.e., las macrocategorías) que se identificaron como parte del análisis de la información. En la tabla 4.3 se presentan las cuatro macrocategorías que se identificaron a partir de la relación entre las categorías. Estas surgieron a partir de las preguntas de investigación, del propósito del estudio y de las preguntas de la entrevista. Es importante resaltar que, para sustentar los hallazgos, se incluyeron citas directas de las respuestas de los participantes, con el objetivo de presentar la calidad interpretativa de la credibilidad. Esto se realizó utilizando los seudónimos estipulados anteriormente de profesor y con el número designado.

Figura 4.1

Macrocategorías y categorías



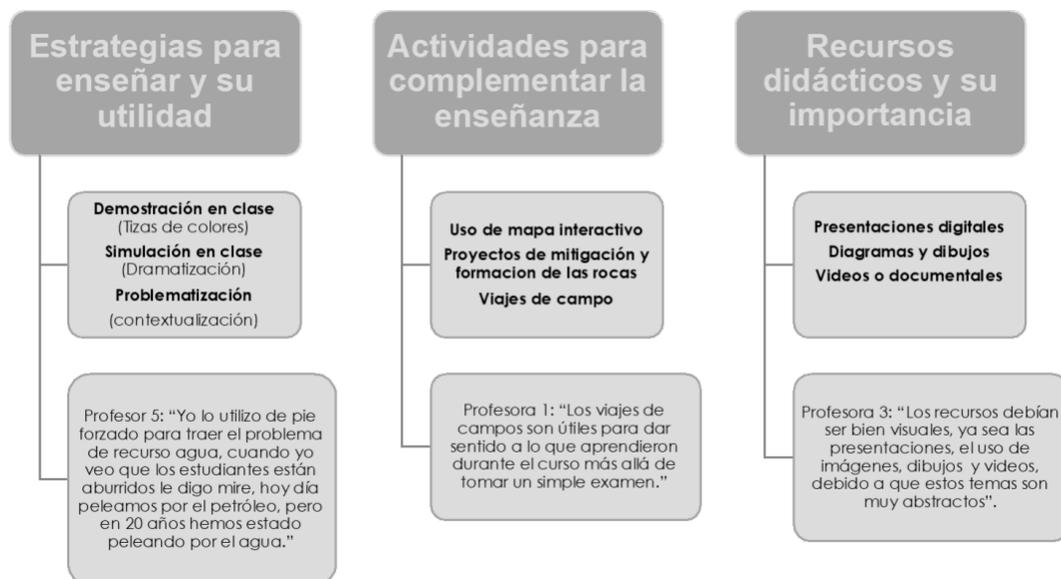
Enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas: Estrategias, actividades y recursos didácticos

El proceso de enseñanza de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas se observó como un método único y particular por cada docente universitario. Puesto que, cada uno elige diversos métodos para lograr impartir el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido se constataron las prácticas para enseñar estos conceptos y la utilidad que les otorgaban. También, los profesores indicaron las actividades que utilizaban como parte complementaria a

la enseñanza. Además, se indicaron los recursos didácticos que los profesores implementan en sus clases y les otorgaban mayor importancia. Por último, la figura 4.2 representa un esquema que resume los puntos más importantes de las siguientes subcategorías y una cita directa de los participantes.

Figura 4.2

Macro categoría Enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas: Estrategias, actividades y recursos didácticos



Estrategias para enseñar y su utilidad

Las estrategias para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas se representaron y se discutieron su utilidad en clase. Estas se presentaron por medio del uso de diversas formas con la finalidad de atraer la atención de los estudiantes y lograr así, la comprensión de estos temas. Debido a que, estos temas son difíciles de comprender, por ser muy abstractos (según comentaron los profesores expertos en la materia), se valía de la integración de prácticas y estrategias en sus clases. Por ejemplo, integraban las

presentaciones digitales o las demostraciones con el uso de la tiza (para demostrar la erosión), la demostración en clase por los mismos estudiantes o la visualización de los temas por medio de la problematización y la aplicación de tecnología, entre otras estrategias para enseñar.

De forma específica, la profesora 3 indicó que una de las estrategias para enseñar estos temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas era atemperar las clases, dependiendo del nivel educativo que presenten los estudiantes. Es decir, que tomaba en consideración el conocimiento previo de los estudiantes para poder elegir el nivel de profundidad en cada tema y de esta forma saber cómo adaptarlo el tema. Esto lo hacía porque cada docente debe buscar conectar la información presentada de los temas con los estudiantes, para lograr alcanzar un mayor interés y entendimiento en ellos. Es por esto, que la profesora 3 indicó lo siguiente:

Es como cuando tú vas a dar una conferencia, tú tienes que saber cuál es tu audiencia, si tú vas a dar una conferencia y yo voy a dar una conferencia a tus estudiantes de sexto grado, yo no puedo ponerme a hablar de la misma forma que le hablo a estos estudiantes acá en la universidad, yo tengo que saber cómo llegarle a esa gente, digo yo, si mi intención es que mi mensaje llegue. Y que los estudiantes se sientan conectados con lo que yo voy a decir y que sientan que esto es pertinente e importante, porque esa la idea, verdad. Si no voy a perder mi tiempo, tengo que este moldear.

Por otro lado, dos de los cinco profesores expertos en la materia indicaron que otra estrategia para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas era por medio de la integración del deporte en clase. Según los profesores 3 y 5, expertos en la materia, el propósito de esto era integrar temas del diario vivir para que, de esta forma, captar la atención de los estudiantes y

promover el que entendieran mejor los temas que se asocian con la Geografía. Es por esto, que el profesor 5 señaló que utiliza el baloncesto como herramienta para despertar el interés de los estudiantes en la topografía, la historia y la geografía de Puerto Rico. A través del deporte, los alumnos exploran los diferentes pueblos de la isla y aprenden sobre sus características únicas.

Asimismo, otra estrategia para la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, según indicó el profesor 5, experto en la materia, es el uso de la demostración de estos conceptos durante sus clases. Es decir, que por medio de la dramatización el profesor logra explicar los temas. Por ejemplo, el profesor comentó que una de las demostraciones que se presenta durante la explicación del movimiento de las placas tectónicas es equivalente al crecimiento de la uña de un humano durante un año. En efecto, el profesor comentó que, también, utiliza a los estudiantes frente a la clase para representar alguno de los movimientos y, de esa forma, lograr mayor comprensión por parte de los estudiantes. De igual forma, el profesor indicó que con el movimiento de las placas tectónicas hace lo mismo, utilizando a los estudiantes de forma grupal, ya que los hace que se agarren los unos a los otros, luego los hace moverse de lado a lado para que entiendan cómo funciona el movimiento de las placas tectónicas.

Además, el profesor 5 indicó una diversidad de estrategias para enseñar que implementa en sus cursos, con el objetivo de aumentar el entendimiento de los temas. Adicional a esto, otras estrategias empleadas por este profesor incluyen la presentación de rocas, la integración de dibujo, la elaboración de una historia

explicando el origen de la roca, el uso de tiza de diferentes colores y la problematización en clase. Al igual que el profesor 2, el profesor 5 mencionó que, para presentar los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas comenzaba con la introducción en clase con un pedazo de roca. Esto lo hacía, para presentarle a los estudiantes y ponerlos en contexto sobre lo que es una roca y de ahí, comenzar a hablar de uno de los tipos de rocas llamado ígnea. A su vez, el profesor indicó que, al introducir el primer tipo de roca, utilizaba la pizarra para crear un dibujo representando el proceso que conlleva la roca para ir cambiando de una roca ígnea, formada por roca volcánica magmática, hasta transformarse a la sedimentaria y la magmática.

En efecto, el profesor 5 comentó que, al presentar y explicar los temas, él lo hace por medio de una historia para llamar la atención de los estudiantes. Además, el profesor indicó que en sus cursos utiliza tizas de diferentes colores para poder demostrar el proceso de obtener los minerales dentro de las montañas una vez están formadas y el proceso de ir rompiendo una roca por un largo periodo de tiempo, que ocurre en la formación de las rocas sedimentarias. Cabe resaltar que, otra estrategia para enseñar que implementa el profesor es la problematización brindando situaciones que se observan en el diario vivir, pero adaptadas al tema que estuviese presentando en clase. De este modo, el profesor atrae a los estudiantes y ellos son quienes le den pertinencia al asunto presentado. Por último, tanto el profesor 5 como el profesor 7 indicaron que exponían a los estudiantes a dibujar las diferentes regiones topográficas de Puerto Rico en sus clases, ya que ellos consideran que con el método del dibujo

el ser humano logra a obtener la capacidad de razonar espacialmente. Por todo lo anterior, el profesor 5 expresó lo siguiente:

Al hablar de las calizas en Puerto Rico, que tenemos la región del Carso norteño, hablar en el salón que están en el campo; pues, lo que yo llevo es un pedazo de roca, y hacemos una historia de las rocas. Comienzo por hablar de las rocas ígneas dibujando la roca, cómo va ascendiendo las diversas capas, cómo se va transformando desde ese núcleo a ese estado plástico gomoso hasta llegar a la litosfera. Después continúo hablando de esa historia, cómo va ascendiendo, ascendiendo y cómo y qué es lo que creemos. Y hay que saberlo exactamente y le hablo y le hablo y le digo a ellos, ustedes saben que cómo se sacan los minerales pues sí, sí, esto fuese un mineral (refiriéndose a desgastar una tiza y haciendo el gesto con las manos de desgastar algo) y usted la roca si yo lo doblo y lo pongo en una montaña, es fácil extraerlo.

Por eso la minería se da en las montañas. Y comienzo a hablar ejemplos sencillos de las rocas ígneas. Y ahí hago otro ejemplo, cojo las piezas que me sobraron de tiza, las comencé a romper, romper y pasan millones de años y se quedan. Y vamos a suponer que se formó una capa utilizando una tiza roja. Pasaron cinco millones de años, vamos a sacar de la tiza verde y la comencé a romper por dos millones de años [El profesor, comienza a demostrar con sus manos el proceso de romper las tizas de los diferentes colores y que se estén acumulando en un área.]. Y ahí comienzo a hablar de las rocas sedimentarias estratificadas, de esa forma, desde la más baja que es las más viejas.

Así que, yo lo utilizo de pie forzado para traer el problema de recurso agua, cuando yo veo que los estudiantes están aburridos le digo mire, hoy día peleamos por el petróleo, pero en 20 años hemos estado peleando por el agua; estaremos peleando por el agua y va a ser más importante. Hoy día una botellita de agua te cuesta más caro que la botellita de Coca-Cola, ¿qué usted va a hacer con eso? Y eso me permite coger todas estas teorías y las convierto como un pie forzado para temas globales o locales ambientales. Porque el ser humano, según se dice, ya desde los tres años comienza a razonar espacialmente. De lo contrario, sería una clase aburrida. *Brother*, me gusta regresar, que apaguen los celulares y prendan los cerebros y dibujemos.

Desde otro punto de vista, el profesor 2, experto en la materia, indicó que una estrategia para enseñar que utilizaba en clase para la explicación de los conceptos de los tipos de rocas es la presentación en *PowerPoint* con diagramas o gráficos. A esta presentación, añadía en clase, el uso del kit de

rocas y la pizarra. El profesor indicó que el uso primordial de las presentaciones era para facilitar la exposición de los temas, ya que en la misma presentación se definen cada uno de los conceptos, así como los tipos de rocas que hay.

También, con el uso de la presentación, se muestran los diagramas con los que se ejemplifica el proceso que sufren las rocas para formar cada una de ellas.

Además, con el uso de diagramas para facilitar el entendimiento, el profesor utiliza la pizarra para presentar distintos ejemplos de las rocas. En la discusión en clase presenta el kit de las rocas para que los estudiantes logren visualizar las diferencias entre cada tipo de roca mostrada y las características físicas que tienen. Por esto, el profesor 2 comentó lo siguiente:

Yo uso *PowerPoint* y claro, las definiciones de los tipos de roca, principales ígneas, metamórficas y sedimentarias. Utilizo diagramas y utilizo la pizarra. Pongo estos diagramas o gráficos, que explican el ciclo de las rocas, este es lo mismo, lo único que este es más simple de las palabras y este es más gráfico. Aquí tengo esta tablita (es una tabla con descripciones y con rocas de cada tipo de roca de esta), esto es un clásico de aquí del departamento de años. Y le llevo eso para que le hagan una foto y tengan una muestra de las principales rocas en Puerto Rico.

Por otro lado, los profesores expertos en Educación presentaron algunas estrategias similares a los expertos en la materia. Precisamente, estos indicaron que algunas de las estrategias para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas incluían la problematización, el uso de presentaciones en clase y los trabajos grupales para presentar en simposios de Ciencias. Es decir, que al igual que comentó el profesor 5, experto en la materia, la profesora 1, experta en enseñanza de las ciencias, indicó que en todos sus cursos integraba actividades específicas con las que se genera la necesidad de aclarar algo que,

en algún momento, creyó como cierto y, luego de las evidencias presentadas, cambian sus perspectivas, a esto la profesora lo denominó la problematización. Además, la profesora 1 indicó que los estudiantes de sus cursos, cuando elaboran sus planes deben incluir como actividad de inicio alguna problematización. También, la profesora 1 experta de educación indicó que, en sus cursos, como parte de esta estrategia para enseñar utiliza el proyector. Con esto, los estudiantes elaboran planes con infografías y actividades para concientizar sobre el problema presentado. Así, también, la profesora 1 mostró que el uso de la tecnología, como lo son las presentaciones, son medulares en el curso, y, por último, llevar recursos que ofrezcan charlas al salón de clase. Por este motivo, la profesora indicó lo siguiente:

Lo que intento hacer es que los estudiantes tengan la experiencia de vivir cómo ellos despiertan las necesidades de aprender de los estudiantes y en ocasiones modificar lo que pensaban los estudiantes que sabían que daban, a este proceso se le llama la problematización. Se genera una necesidad de aprendizaje, de aprender y ya no es por la necesidad de un examen, ahora porque yo tengo que presentarle algo a unos expertos que me solicitaron apoyo.

Por último, el profesor 6, experto en enseñanza de las ciencias, expresó que, como parte de sus estrategias para enseñar, él utilizaba los conceptos de conocimiento pedagógico, de la forma en que los docentes aprenden, y la aplica a sus cursos integrándolos con los aspectos científicos. Al igual que la profesora 1, el profesor 6 indicó que, en sus cursos, integraba las presentaciones grupales, por medio de las ferias científicas, para que los estudiantes presenten los conceptos aprendidos. Por eso, el profesor 6 indicó lo siguiente:

Yo he trabajado con el concepto de *pedagogical content knowledge*, esa gran teoría que abarca cómo los maestros aprenden un concepto, cómo lo aplican y por qué lo aplican de esa manera. Como yo tengo ese trasfondo, yo siempre integro aspectos de comunicación científica. Integró aspectos de responsabilidad social en el trabajo de los científicos, en el caso de estos estudiantes de Ciencias Naturales. Con el propósito de que vean que hacer ciencia es divertido, lo sabemos, nos encanta, verdad; hacer ciencia básica y fundamental es grandioso.

Actividades para complementar la enseñanza

Por añadidura a la parte anterior acerca de las estrategias para enseñar del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, en este epígrafe se presentan las actividades que los profesores participantes consideraron útil, como base complementaria a la enseñanza de estos temas. Los profesores expertos en la materia comentaron que utilizaban las siguientes: (a) búsqueda de información en un mapa interactivo de geología; (b) proyecto acerca de la formación de las rocas; (c) proyecto acerca de la mitigación durante un terremoto; y (d) los viajes de campos, entre otras. En contraste, los profesores expertos de Educación expusieron el uso de otras actividades que ellos complementaban con la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas en sus clases, es decir: (a) el uso de trabajo grupal investigativo; (b) videos; y (c) viajes de campos.

Es decir, dos de los cinco profesores expertos en la materia, específicamente los profesores 2 y 3, indicaron que, como parte de sus cursos, ellos entendían que el uso de un mapa es una actividad complementaria para aumentar el entendimiento en los estudiantes. El profesor 2 comentó que él utilizaba un mapa geológico de Puerto Rico de la *United States Geological Survey*, ya que es

un mapa georreferenciado en conjunto con el *Google maps* para que los estudiantes puedan observar las formaciones geológicas a las que pertenece cada roca que se encuentra en esa zona. Al respecto, el profesor 2 indicó lo siguiente:

Utilizo un mapa para interactuar con los municipios de Puerto Rico, así que si un estudiante no conoce un municipio o dónde se ubica un municipio y le da clic, pues puede ver el nombre del municipio y ver qué formación fisiográfica en este caso, está ocupando ese municipio.

De forma similar, la profesora 3 experta en la materia indicó que la integración de un mapa como una actividad complementaria puede funcionar para ayudar a los estudiantes a entender mejor los tipos de rocas que hay por cada región de Puerto Rico y conocer cómo se distribuyen esas rocas por cada municipio. Cabe resaltar, que el uso del mapa es uno llamativo e informativo, ya que, al ser digital, es interactivo: con un clic el estudiante puede conocer más acerca de la formación específica. Por eso la profesora 3 experta en la materia comentó lo siguiente:

Quizás en alguna aplicación, puedo pensar en mapas. Mapas que muestren, por ejemplo, la geología de Puerto Rico, donde están las rocas volcánicas, dónde están las sedimentarias o las metamórficas. Eso es bueno también, porque entonces se dan cuenta que la gran mayoría de las rocas en Puerto Rico son volcánicas. Eso te lleva a la formación de Puerto Rico, las que no son volcánicas, de dónde salieron. Eso es un buen punto de partida también para llamar la atención.

Por otra parte, el profesor 2 expresó que una de las actividades que realizaba en sus cursos para ayudar en el proceso del entendimiento de los estudiantes era que los estudiantes debían completar un proyecto acerca de la formación de las rocas. Dicho de otra forma, los estudiantes deben identificar una roca, tomar

una imagen e indicar la región en donde esta se encontraba ubicada y buscar información usando el mapa digital del *United States Geological Survey*. El profesor 2 indicó que la actividad de identificar una roca y usar el mapa del *United States Geological Survey* es para que los estudiantes logren comprender los procesos de formación geológicas que ocurrieron en Puerto Rico y ver cuál es la distribución de ella en el País. Es decir, con el proyecto el profesor esperaba que entendieran el origen de las rocas y de qué material estaban hechos. En relación con este asunto, el profesor 2 comentó lo siguiente:

Ahí están las formaciones geológicas de Puerto Rico, las principales formaciones geológicas y por lo menos el estudiante puede ver de si esas rocas, a qué formación lógica pertenece eso la podría saber fácil, lo que sería más difícil sería el tipo de roca en específico. Porque cada formación geológica puede tener cuatro o 5 o 6 diferentes formaciones de roca con un nombre específico a esa roca.

Por otro lado, el profesor 5, experto en la materia, indicó que la actividad que utilizaba para complementar el entendimiento de los temas es un proyecto acerca de la mitigación durante un terremoto. En otras palabras, el profesor plantea un problema en clase relacionado con un terremoto e insta a los estudiantes a reflexionar sobre cómo enfrentarían esa situación si ocurriera en sus hogares. Dado a eso, los estudiantes deben elaborar un plan de mitigación detallado sobre lo que harían para actuar en caso de que ocurra ese fenómeno natural. Por este motivo, el profesor 5 expresó lo siguiente:

Los estudiantes deben hacer un proyecto, un plan para la familia o hace un video en *YouTube* de cómo hacer un plan y qué es un terremoto. Punto, pero tiene que ser en el salón y trabajo en equipo. El proyecto mío es explicar eso a su familia. Explicárselo a sus familias porque uno aprende explicando. Explicárselo a su familia como parte del plan explicar

a su familia y segundo, yo quiero que conversen, porque esto está todo en el celular.

Por último, cuatro de cinco profesores expertos en la materia indicaron que una de las actividades complementarias para la enseñanza de los conceptos es el viaje de campo. Es decir, el profesor 2 sostuvo que el viaje de campo es medular, ya que ayuda a visualizar el origen de algunas formaciones geológicas de los diferentes tipos de rocas y a contraponerlo con la teoría discutida en clase. De forma similar, la profesora 3 indicó que hacer esto ayudaba en el proceso de entendimiento de las formaciones de las rocas y los movimientos de las placas. Por ejemplo, ir por la autopista en dirección hacia los baños del municipio de Coamo y poder observar en el municipio de Salina la formación de una roca lávica. Además, se propone que los estudiantes visiten los baños de Coamo para experimentar la sensación del agua caliente que brota del suelo, lo que les permitirá establecer una conexión con el magma presente en el interior del planeta. Por último, el profesor 7 comentó que tener la experiencia de hacer una actividad de un viaje de campo consiste en conocer más de cerca los procesos de descomposición de las rocas, ver los procesos de meteorización o intemperismo. Finalmente, se les invita a tomar nota de todo lo observado, para luego compararlo con lo aprendido. Por eso el profesor 7 expresó lo siguiente:

En el viaje de campo, el estudiante debe hacer lo que se conoce como un *Journal*, hacer una recapitulación de lo que observó, tomar nota, describir ese paisaje de acuerdo con las categorías que ha aprendido previamente. Porque cuando uno va al campo, ya domina la teoría, domina unos conceptos. Entonces, uno, a partir de esa comprensión teórica, plasma entonces su visualización utilizando adecuadamente los conceptos. Y ahí es que uno se da cuenta que el estudiante está aprendiendo de verdad.

La profesora 1, experta en Educación, indicó que en los cursos se debían integrar actividades con videos informativos para la comprensión de los temas. Asimismo, esta dijo que debían integrarse actividades como, el uso de simuladores y visitar los escenarios reales de la formación de las rocas. En otras palabras, la profesora 1 enfatizó en el mismo aspecto (el de los viajes de campo), al igual que la gran mayoría de los expertos de materia, por lo que se evidencia que esta actividad debe tenerse en cuenta al impartir este curso. La profesora 1 añadió que la integración de los viajes de campo es útil para dar sentido a lo que aprendieron durante el curso más allá de tomar un simple examen. Por este motivo, ella siempre intenta ofrecer, aunque sea un viaje de campo al año. Al igual que los profesores 2 y 3, expertos en la materia, el profesor 6, experto en Educación, expuso que una de las actividades complementarias utilizada en sus cursos era el uso de un mapa. Sin embargo, a diferencia de los otros profesores, él comentó que con el mapa les facilitaba a los estudiantes diferentes situaciones asociadas a la actividad sísmica en el planeta Tierra, para que lo fuesen clasificando hasta encontrar unos patrones. Esto con el propósito de que hagan la relación con los bordes limitantes entre los movimientos de cada placa tectónica. Además, el profesor 6 comentó acerca del uso de la ilustración de diferentes rocas y minerales para que los estudiantes entiendan qué son ambas cosas y obtengan las densidades de ambas cosas. Para eso el profesor 6, comentó lo siguiente:

Estas actividades de densidad, traigo las rocas y los minerales, pero en esta clase no es el enfoque principal. Pero se los traigo para que ellos entiendan qué son las rocas, qué son los minerales y así voy poco a poco

haciendo actividades hasta que, por ejemplo, hace poco hicimos una del ángulo de reposo para que ellos entendieran concepto de cohesión, ángulo de reposo y la iniciación de derrumbe.

Recursos didácticos y su importancia

El énfasis en el uso de los recursos didácticos y su importancia en la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas se presenta según la perspectiva que ofreció cada profesor. Cabe resaltar, que cuatro de los cinco profesores expertos en la materia indicaron que los siguientes recursos didácticos deberían ser medulares para facilitar la explicación del curso: (a) presentaciones de *PowerPoint* o digitales; (b) los diagramas o dibujos; y (c) los videos o documentales. Según los profesores, todos estos son recursos importantes para facilitar el entendimiento de estos temas. Por ejemplo, la profesora 3, experta en la materia, sustentó que los recursos debían ser bien visuales, ya sea en las presentaciones, el uso de imágenes, dibujos, diagramas o videos, ya que estos temas son muy abstractos. De esta manera, el material visual facilitará que los estudiantes puedan comprender de manera más clara lo que se les explica, captando su atención en estos temas. Por esto, la profesora 3 expresó lo siguiente: “Si tengo diagramas, diagramas del ciclo de las rocas, en esos diagramas me gusta incluir cuáles son los márgenes asociados, cuestión de que entiendan la relación entre el margen y ciclo”.

De forma similar, el profesor 7, experto en la materia, indicó que utiliza el recurso del video luego de dar la explicación sobre un concepto. Según él, esto ayuda a clarificar las dudas y funciona como punto de discusión en sus cursos.

De esta forma, el profesor puede saber qué fue lo que entendieron y en qué todavía tienen dudas. Por otro lado, el profesor 4, experto en la materia, indicó que utilizaba los recursos de la red sísmica de Mayagüez y la *United States Geological Survey* para presentar los datos de los movimientos sísmicos que se han documentado y el uso de mucha literatura primaria en la que se mencionen los movimientos de la placa del Caribe y de la de Norteamérica. El profesor 2, experto en la materia, expuso que el recurso de mapa geográfico (i.e., *story map* que crearon estudiantes de geografía) es útil para ver los eventos que han ocurrido en Puerto Rico, pues puede ser ventajoso para personas de edades más pequeñas a entender estos temas. Por eso, el profesor 2 expresó lo siguiente:

Este es un *story map* que crearon los estudiantes de Geografía, justamente, para educación, para el método de enseñanza de cuarto grado, que enseñan geología de Puerto Rico. Crearon este que es como un *PowerPoint* en Internet con el que enseñan la geología de Puerto Rico y las placas tectónicas. También, tiene videos de placas tectónicas, los movimientos, la formación de Puerto Rico y el tiempo geológico.

En contraste con los recursos que la mayoría de los profesores expertos en la materia mencionó, se incluyen otros recursos didácticos que se han mencionado anteriormente en las estrategias para enseñar. Así como lo son el uso de simuladores, artículos de lecturas científicas, el uso de demostración con la participación de los estudiantes y documentales ofrecidos por la organización internacional *National Geographic*. Todos estos recursos presentados están centrados en resaltar la importancia de lo visual de diversas maneras. Dado a

esto, los profesores han expresado que es esta la manera en que se logra la comprensión por parte de los estudiantes.

De igual manera, los profesores expertos de Educación concordaron con lo que expresaron los profesores de la materia con el uso de los recursos didácticos. Es decir, que ellos expresaron que utilizaban: (a) presentaciones; (b) videos; (c) imágenes; (d) dibujos; (e) simuladores; y (f) literatura primaria, para ayuda en el entendimiento de los conceptos. El profesor 6 expresó que integra la literatura primaria para que los estudiantes entiendan la importancia de leerla, ya que ayuda a entender de dónde surge el conocimiento respecto a los temas que se discuten. Por último, la profesora 1 expresó lo siguiente respecto al uso de los recursos didácticos en sus cursos:

Integrar todas las herramientas posibles visuales, vídeo, o sea, como yo puedo explicar, por ejemplo, la teoría de placa tectónica; ella menciona que empieza con lo que hace indistintamente desde dibujos, simulaciones con las manos, simulaciones reales con internet, vídeos. Todo eso a la vez, todo eso unido es lo que ayuda a crear una imagen mental en el estudiante y en mí porque cada vez que lo hago lo refresco y lo entiendo mejor de cómo funciona eso.

De forma parecida, el profesor 7, experto en la materia, expresó que los recursos didácticos son esenciales para los futuros docentes, ya que pueden poner a prueba su conocimiento específico respecto a las diferentes ramas de la ciencia. Además, este sostuvo que, en un ambiente práctico de clase, cuando un docente ofrece un curso en el que se observa la integración de las distintas materias, se podrá probar si realmente hay dominio del material. Por eso, él indicó que la integración interdisciplinaria es esencial, ya que ayuda en la

integración de los temas y desarrolla a un docente preparado en distintas áreas.

Dado a esto el profesor 7 indicó lo siguiente:

Esencial, no vale de mucho tener una persona que estudió Física enseñando Ciencia General solamente, sino que hay que tener una persona que tenga conocimientos más amplios de distintos campos de las ciencias naturales, pero sobre todo de los campos de acción. Los campos de integración de fenómenos, la fenomenología, que son elemento, insisto, de Interdisciplinario. Tienen que ser interdisciplinarios, deben tener una noción fuerte de interdisciplinariedad.

Asimismo, el profesor 5, experto en la materia, señaló que los recursos didácticos son herramientas fundamentales que permiten a los docentes explorar con mayor profundidad los temas seleccionados. Además, resaltó que conforme se profundiza en un tema específico, el conocimiento sobre este se amplía de manera significativa. Es importante destacar que, según el profesor, profundizar en un tema que un docente domina no será lo mismo que hacerlo en uno que solo conoce de manera general. Pues, cuando se conoce algo general, solamente, repite lo que escuchó “como el papagayo”. Mientras que un docente que profundiza sobre algo que domina, podrá lograr generalizar sobre el tema, de forma que los estudiantes logren entender. Por esto, el profesor indicó que esto es lo que diferencia a un profesor y a un maestro, ya que un profesor solamente habla de lo que sabe, pero un maestro tiene que tomar los temas difíciles y simplificarlos de forma que sus estudiantes logren comprender. De forma específica, el profesor 5 expresó lo siguiente:

Quien sabe explicarlo es un educador, un maestro tiene mayor responsabilidad en este país que los profesores. Los profesores hablan de lo que saben los maestros tienen que coger a unos nenes que son incordios, que son difíciles de muchos hogares diferentes y coger un conocimiento que es profundo y es amplio y simplificarlo y hacer que le

llame la atención. Y de una forma que a ellos les llame, les capte la atención y ese es el reto. Por eso los cursos, especializados son importantes porque permiten profundizar al educador. Que repetir las simplificaciones que citen, porque, mira, si vas a simplificar lo que tú aprendiste simplificado, eso no es un educador.

Por último, la profesora 1, experta de Educación, indicó que un docente debe modelar cómo se debe enseñar. Es decir, debe integrar todos los recursos que se mencionaron anteriormente, como el uso de presentaciones, videos, fotos, simuladores, entre otros, para que los estudiantes logren obtener mayor conocimiento; pues, son temas muy abstractos. Además, la profesora expresó que los docentes deben usar en contexto todos los temas que están presentando, atarlos a la vida de los estudiantes, para lograr captar su atención y problematizarlos, para que estos logren ver la pertinencia de los temas presentados. Siguiendo la misma línea, ella también expresó que todo debe estar conectado a la realidad.

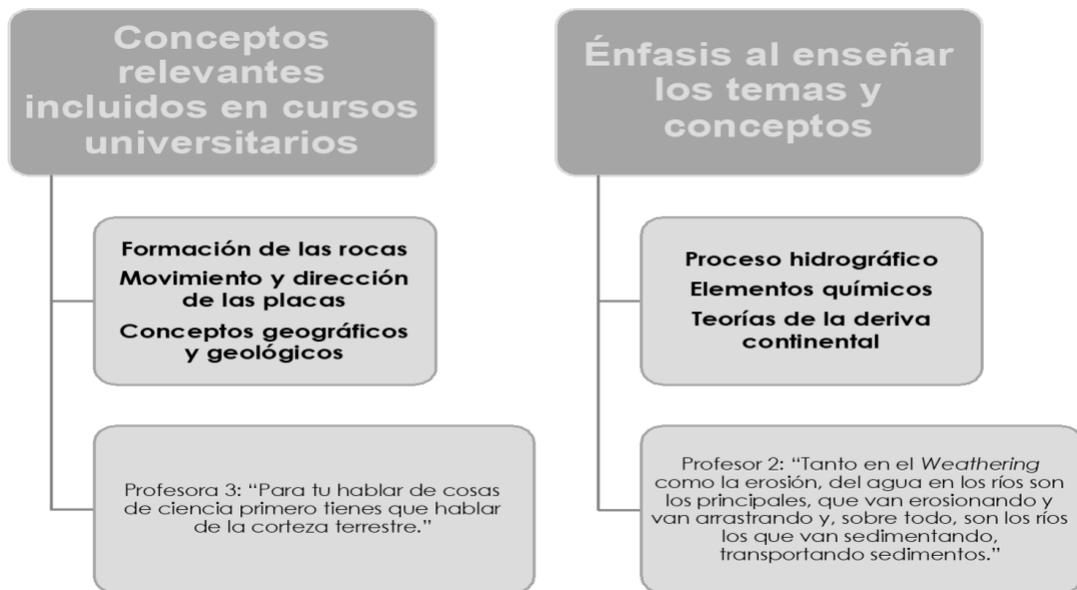
Aspectos específicos en la enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas: énfasis y recomendaciones

En lo que se refiere a los aspectos específicos de la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas se pone énfasis en los conceptos que, según los profesores, se deben discutir en clase. Además, se destaca qué concepto o conceptos los expertos consideraron como medular para que los futuros docentes obtengan una educación más completa y alcancen la alfabetización científica respecto a estos temas. Los profesores indicaron un sinnúmero de conceptos que se asocian con: (a) las teorías de la formación de la tierra o movimientos de las placas; (b) los tipos de rocas; (c) el proceso

hidrográfico; y (d) el rol de las placas tectónicas en la formación de la topografía. Por último, en la siguiente figura 4.3 se presenta un esquema representando las subcategorías de este epígrafe con los puntos más relevantes y unas citas directas de los expertos.

Figura 4.3

Macrocategoría aspectos específicos en la enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas: énfasis y recomendaciones



Conceptos relevantes incluidos en cursos universitarios

En este epígrafe los profesores expertos en la materia indicaron los temas que ellos consideraron como medulares al impartir sus cursos. En efecto, se señaló que los docentes encargados de impartir estos cursos deben tener un conocimiento más sólido sobre el tema. Esto se debe a que cuanto mayor sea su dominio del tema, más profundidad podrán alcanzar al enseñarlo. Por ejemplo, el profesor 2, experto en la materia, destacó que un papel fundamental de los docentes es tener un conocimiento didáctico de los contenidos y

comprender la importancia de estos en la divulgación del conocimiento de Puerto Rico. Específicamente, resaltó la relevancia de abordar el conocimiento geográfico y geológico del entorno local. De forma similar, la profesora 3, experta en la materia, expresó que los temas asociados con la geografía son muy importantes, ya que son una base fundamental para enseñar los otros conceptos asociados, como lo es la atmósfera y todo lo relacionado con la energía interna. Por ese motivo, la profesora 3 expresó lo siguiente:

O sea, que para tu hablar de cosas de ciencia primero tienes que hablar de la corteza terrestre, eso es lo primero, digo yo o por lo menos siempre empiezo por ahí. Para mí eso es lo primero, porque acerca de la corteza estamos, acerca de la corteza nos ubicamos, acerca de la corteza construimos, en la corteza es que estamos. Así que, el rol de todo concepto, yo diría que es básico. Para mí es lo primero que se enseña y después de ahí, entonces tú le metes todos los procesos relacionados externos, pero el interior del planeta, todo lo que tiene que ver con la energía interna, ese es el motor de esa formación de esa corteza, así que no, no lo puede pasar.

Asimismo, se destacó la inclusión de las diferentes teorías, por ejemplo: (a) la deriva continental; (a) la formación de las islas; (c) los movimientos de las placas tectónicas; y (d) los terremotos, entre otros conceptos. Es decir, el profesor 2, experto en la materia, indicó que, en sus cursos, discute los temas de la litosfera y las diferentes capas que componen la geosfera. También, el profesor expresó que, en la discusión de sus cursos, expone acerca de los materiales característicos en las diferencias de las distintas capas y los materiales químicos que se encuentran en cada una de estas. Además, el profesor 2 expresó lo relevante que es la discusión acerca de los antecedentes históricos en el campo del ciclo de las rocas y las placas. Al respecto, expresó

que se debe discutir desde la teoría que estipuló Alfred Wegener los movimientos de Pangea hasta el proceso de la deriva continental y la aportación científica de Alexander du Toit. Cabe destacar que todos los expertos expresaron que otorgan énfasis en los tres movimientos de las placas tectónicas y en cómo estos movimientos pueden provocar una actividad sísmica. Por esto, el profesor 2 indicó: “Sobre todo, para demostrar con hechos científicos, no la prevalencia y el mayor acontecimiento de sismos, no en lugares lineales que evidencian la división de placas, a través de los sismos y los sismógrafos que detectan esos sismos”.

De igual forma el profesor 2 expresó que en sus cursos discute cómo ocurre el movimiento de las placas y a qué se debe ese movimiento. También, expresa a sus estudiantes a qué se debe la formación de las grandes montañas, las islas y los océanos. Además, mencionó que profundiza en detalles acerca de los tipos de volcanes, la zona donde se pueden encontrar y a qué intensidad se observa el volcanismo. Por este motivo, el profesor expresó lo siguiente:

El movimiento convergente que tiene el magma en el manto. Cómo se mueven, cómo se comportan los fluidos con las diferencias de temperatura. Y hablo, pues como que formaciones, territorios se forman a partir de estas placas tectónicas. Hablo como cuando chocan dos placas tectónicas de origen oceánico se forma un arco de isla o islas de origen volcánico. También, hablé de la convergencia que ocurre entre una placa oceánica y una continental se forma una gran cordillera continental y doy ejemplos de ellos como el Himalaya, los Andes, los Alpes.

Por otro lado, la profesora 3, experta en la materia, argumenta que, en sus cursos, divide el tema de geografía en tres partes: la básica, la física y la humana. En este caso, en el tema de la geografía básica discute los temas

acerca de los movimientos, la distancia, los instrumentos utilizados en la geografía como los mapas y los análisis espaciales. También, la profesora expresó que da énfasis a los conceptos de las coordenadas geográficas; en otras palabras, ofrece importancia a la distancia que hay en un área y la relación que hay entre las cosas cercanas y lejanas. De forma similar, el profesor 4 indicó que, en sus cursos, también, divide por secciones y que él comienza con la relación que hay entre el planeta y la formación de los planetas en el universo. Dado a eso, el profesor 4 explica de forma general la teoría del *big bang* y la formación de los planetas y los elementos. Por su parte, el profesor 4 expresó que, luego de hablar de la formación de los planetas y su relación con los elementos, relaciona estos conceptos con la formación de los minerales y las rocas. Este le otorga mayor énfasis a cómo se forman las rocas a partir de los elementos. De forma similar, el profesor 7 sostuvo que la formación de las rocas o suelos es uno de los conceptos más importantes que deben discutirse en clase. De ahí, da importancia a la distribución de la calidad de los suelos mediante la explicación de la teoría de la deriva continental y la de las placas tectónicas. Pues, este es un punto muy esencial para la discusión sobre todos los elementos conceptuales, teóricos y, sobre todo, la explicación de los terremotos y el volcanismo. Es por esto por lo que el profesor 4 expresó lo siguiente:

Vamos construyendo de átomos a elementos, de esos compuestos que forman luego los minerales y las rocas con énfasis en las tres clases de rocas distintas ígnea, metamórfica y sedimentaria y el ciclo de la roca. Y todo eso sirve como una base para después hablar de procesos internos del planeta Tierra y hablamos de las capas de la Tierra desde una

perspectiva química. Seguimos después hablando de las placas tectónicas y el efecto que eso tiene en terremotos y volcanes. O sea, todo eso como de procesos internos asociado con las placas tectónicas.

Cabe destacar, que el profesor 5, experto en la materia, indicó que, en sus cursos, uno de los conceptos relevantes en la discusión es la formación de Puerto Rico. Pues, él habla acerca de la interacción en los movimientos y dirección de la placa del Caribe con la de Norteamérica. Además, el profesor expresó que se discuten todos los mitos que se asocian con la actividad volcánica en Puerto Rico. Es decir, si Puerto Rico está encima de un volcán o si un volcán puede erupcionar en cualquier momento en esta zona geográfica. Basándose en la explicación de este proceso, el profesor 5 comentó que le sirve como fundamento para explicar la formación de las ciudades en Puerto Rico.

Por otro lado, el profesor 2, experto en la materia, expresó que otro concepto específico que es relevante, al igual que los terremotos, es la discusión acerca de las diferentes ondas sísmicas que se crean a partir de un temblor y los niveles de temblores que se forman. De esta forma, el profesor indicó que se debe discutir la magnitud, distancia y profundidad con las que ocurre el evento sísmico. Siguiendo la misma línea de pensamiento, el profesor indicó que otro concepto específico medular en sus cursos atado a los eventos sísmicos es la discusión de las escalas de medición de magnitud de un temblor. Por eso, el profesor 2 comentó lo siguiente:

¿Qué son la magnitud, la distancia, el tipo de suelo y la profundidad del temblor? También, habló de las dos escalas de medición de un temblor, habló de la escala de Richter que mide la magnitud y habla de la escala de Mercalli, que mide la intensidad. En función de la sensación percibida, y los daños en la infraestructura, doy ejemplos de las escalas de ambas.

Doy ejemplos de lo que podría ocurrir con ambas escalas. Diferencia muy bien la de Richter y los grados Richter, uno de otros.

Por otro lado, los profesores de Educación indicaron que, de forma similar a los profesores expertos en la materia, se discute en el salón de clases acerca de los temas que se asocian con las rocas, los terremotos, las placas tectónicas entre otras cosas. Es decir, el profesor 6, experto de Educación, indicó que, en sus cursos, se discute acerca de la teoría de las placas tectónicas y cómo esta teoría impacta en la formación de los rasgos geológicos, topográficos y geográficos. Dado a esa explicación, el profesor 6 indicó que eso sirve como base de partida para entrar en temas como los terremotos, los volcanes, el relieve de la tierra y los cambios climáticos. Siguiendo la misma línea, el profesor, también, mencionó que otros conceptos que son medulares son los de erosión, meteorización, transportación de los sedimentos, la deposición de sedimentos. Estos temas se asocian con temas de hidrología, ya que en estos se discute acerca de los deslizamientos de terrenos o derrumbes y los diferentes tipos de erosión, ya sea costera o ribereña. Además, el profesor 6 comentó que, aparte de hablar acerca de los procesos hidrográficos y de erosión, otro concepto específico que es muy relevante son los sistemas terrestres. El profesor 6 definió esto como:

Me refiero a trabajar con el aspecto sistemático de cómo suceden los procesos en el planeta: hidrosfera, geosfera, biosfera, atmósfera, la exosfera. También, trabajamos, por ejemplo, cómo en geología, hoy en día, la teoría de placas tectónicas realmente no explica el 100% de las características geológicas del planeta. Casi el 100, pero no el 100, hay un aspecto, hay unos rasgos geológicos en el planeta, en nuestro planeta y en otros que son explicados mucho mejor por la teoría del impacto, los impactos de meteoritos. Y de esto tenemos datos bien sólidos y

concluyentes en el planeta Tierra, hasta en el Caribe tenemos datos sobre esto.

Énfasis al enseñar los temas y conceptos

En torno al énfasis de enseñar los temas y conceptos, todos los profesores participantes consideraron como importante la integración de estos como parte de la clase. En efecto, los profesores indicaron varios conceptos que se deben tomar en consideración, dependiendo si fuese el ciclo de las rocas o las placas tectónicas. Es decir, tres de los cinco profesores expertos en la materia expresaron que, durante el proceso del ciclo de las rocas le otorgaban énfasis a la climatología o el proceso hidrológico.

Por ejemplo, estos profesores hablaron acerca de los procesos de la meteorización, erosión y transporte como una parte crucial en el proceso de formación de las rocas. Por su parte, el profesor 5, experto en la materia, comentó que uno de los conceptos que se debe integrar en clase es acerca de la configuración de las cuencas hidrográficas y los ríos. Es decir, cómo estos se fueron formando con la actividad volcánica, pues se fueron modificando con los años por la actividad pluvial del clima en Puerto Rico. De forma muy similar, el profesor 2, experto en la materia, comentó que, en sus cursos, discute los procesos de meteorización, poniendo énfasis en los tipos que existen, entre ellos la lluvia y los vientos, que van afectando el suelo con el paso del tiempo. También, indicó que, algunos microorganismos, hongos y bacterias, de la misma manera, pueden ir degradando la roca hasta transformarla en otra distinta, como sucede con la roca sedimentaria. Al respecto, el profesor 2 comentó lo siguiente:

Tanto en el *Weathering* y, sobre todo, paso rápido luego a la erosión, que ahí sí que el agua en los ríos son los principales, que van erosionando y van arrastrando y, sobre todo, son los ríos los que van sedimentando, transportando sedimentos y esos sedimentos van depositándose. Y, con esa acumulación de sedimentos, va litificándose. Y bajo esa litificación de esos materiales tenemos la roca sedimentaria. También, cómo puedo pasar de la roca volcánica y ahí entro a esa roca, por procesos tectónicos podrían hundirse y entrar a zonas del manto y llegar a la lava. Y sin llegar a fundirse por el calor y la temperatura, cambian su composición molecular interna. Y pasa a ser roca metamórfica, cambiando su composición mineral interna.

Además, el profesor 5, experto en la materia, expresó acerca de la roca sedimentaria que, al presentar el tema, habla que ese tipo de roca se encuentra en los llanos aluviales, que es una zona inundable y que, también, participa del proceso de la formación de los sistemas de cavernas y el carso en Puerto Rico. El profesor 5, también, expresó que el carso es un recurso importante para la formación de la roca caliza de las cuevas y los arrecifes. Por esto el profesor expresó lo siguiente:

La roca sedimentaria que se diluye en H₂O con el CO₂, se forma el paisaje residual que es el carso caliza que es *lime* en inglés *lime stone karst*. Y ahí pues juego con el inglés, pues esto es limo, pero no es el limo que ustedes piensan y, pero eso lo tengo que sacar aparte después que se discuta todo lo que es ígnea. Luego se pasa a lo que es la roca sedimentaria y algo bien general a la roca metamórfica y con eso yo busco verlos.

Por otro lado, otro concepto que los profesores dijeron al que otorgaban mucho énfasis fue en los conceptos que se asocian con los elementos químicos, ya que ellos forman parte del origen en la formación de los minerales. Puesto que, los minerales se forman con la unión de los distintos elementos de la tabla periódica y la unión de los distintos minerales. Es decir, son los que crean las distintas rocas. Así las cosas, los profesores expresaron la gran importancia de

discutir estos conceptos en clase para lograr un mayor entendimiento en el proceso del ciclo de las rocas. Por eso, el profesor 2 expresó que, en la conceptualización de sus clases sobre el ciclo de las rocas, él comenta acerca de qué compone el magma y abunda en que las rocas están hechas de minerales. También, el profesor menciona que las rocas provienen de los minerales, explicando que descienden de los elementos químicos. Siguiendo la misma línea, el profesor 2 expresó que, además de expresar que las rocas están hechas de minerales y que los minerales están hechos de los elementos químicos, también explica que los minerales se encuentran dentro del manto en una solución viscosa que actúa como si fuese un fluido y al enfriarse esos minerales se forman las rocas. Dado a esto el profesor 2 expresó lo siguiente:

Voy desde los elementos químicos pasando por los minerales hasta llegar a la roca. Y, sobre todo, pues con todas las rocas principales, las ígneas, que proceden no del enfriamiento del magma o de la lava. Y ahí empiezo hablando con las ígneas, empiezo diferenciando de ígneas intrusivas, plutónicas e ígneas extrusivas volcánicas. Correcto. Y a partir de ahí, pues creo una montaña, con una montaña volcánica, crea una pequeña protuberancia de roca intrusiva. Luego empiezo a explicar procesos de qué es el *Weathering*. Esa interacción entre molécula y molécula que une los elementos de la tabla periódica para crear el primer mineral y que hace un puente para crear el conjunto de minerales, que crea el magma, que luego forman la primera roca que es la ígnea, que ya sea plutónica o volcánica ese proceso para ti debe ser crucial.

De igual forma, el profesor 4, experto en la materia, expresó que es bien importante conocer las diferentes clasificaciones y organización de las rocas, según su tamaño o su composición química. Cabe resaltar, que el profesor indicó que además de conocer la composición del elemento, en cuanto a la textura, es importante conocer en qué grupo de roca se puede clasificar la

misma. Además, el profesor 4 expresó que, no tan solo se debe identificar y clasificar la roca, sino que es importante conocer las interrelaciones que hay entre las clases de rocas y cómo se pueden transformar a otras distintas. Por último, el profesor expresó que la formación de la roca no siempre toma el mismo camino, ya que es un ciclo, por eso, no se puede determinar por dónde se estará moviendo la roca para formar otra distinta. Por esta misma línea, el profesor expresó que uno de los conceptos importantes que se explican durante la clase son las interrelaciones y los conceptos sistemáticos. Por esto el profesor 4 comentó lo siguiente:

Muchas interacciones pueden tener roca sedimentaria que se derrite o pueden ser una roca ígnea que se metamorfiza. Una roca sedimentaria que está erosionada y luego una roca metamórfica que se meteoriza, verdad. O sea, siempre está como entre relaciones entre todas las tres componentes de roca, y eso resulta en un ciclo de roca bastante complicado y complejo. Eso resulta en la diversidad de rocas que hay en la Tierra por todas las posibilidades y los cambios entre las tres. Entonces empiezo hablando de los conceptos generales de tres tipos de rocas y sus clasificaciones. Y terminamos viendo cómo son esas relaciones y la complejidad de rocas que hay a través del ciclo.

Por otro lado, el profesor 5, experto en la materia, indicó que, también, es significativo hablar acerca de la teoría de sistemas. Esto significa, que todo está integrado a la misma vez, aunque las rocas no tengan nada que ver con lo que la persona quiere estudiar. Puesto que la importancia que estableció el profesor está en que los estudiantes conozcan que viven en un planeta, rodeado de muchos sistemas a la vez y con que alguien altere uno se afecta el resto. Por esto, el profesor 5 sustentó que los seres humanos deben aspirar a una visión holística, que esté enfatizada en la educación moderna en aprender un poco de

todo. Además, el profesor 5 expresó que se debe otorgar énfasis en las teorías, porque son los conocimientos que se enseñan, principalmente, para poder establecer una base con los estudiantes. Por ejemplo, el profesor indicó que entre las teorías que él discute en clase son las teorías de la deriva continental, la isostasia y las placas tectónicas.

Asimismo, el profesor 5 expresó que es sustancial conocer sobre el ciclo de las rocas, aunque él reconoce que es un sistema bien complejo. Dicho de otra manera, el profesor indicó que el ciclo de la roca es muy importante para exponer que en el planeta Tierra no hay nada estático, por lo que una roca se irá transformando en otra con el paso de los años; conocer esto es fundamental en el crecimiento intelectual de los humanos. Al mismo tiempo, el profesor 5 otorgó énfasis en tener una visión holística sobre estos temas para poder lograr un mayor entendimiento. Es decir, respecto al movimiento de las rocas él comentó que no se puede pensar que las rocas no se degradan o desaparecen, debido a que si no se transformaran no tendríamos petróleo o combustibles fósiles. De forma similar, el profesor 7 experto en la materia, comentó que no se debe dar una distinción en ninguna de las fases integrales del ciclo de las rocas, ya que todas son igual de importantes, sino que es significativo explicar los procesos inherentes del ciclo. Dicho de otra manera, el profesor 7 indicó que las personas no saben distinguir entre lo que es la erosión y el intemperismo, por lo que la gente piensa que es el mismo proceso. En relación con esto, el profesor 7 expresó lo siguiente:

La gente no entiende bien e, incluso, podría decir de gente preparada que no distingue entre lo que es erosión y lo que es intemperismo. Por ejemplo, la gente cree que es lo mismo, la gente cree que la erosión y lo utilizan, incluso, metafóricamente. En otras, la traslada a los políticos, porque yo escucho a gente diciendo, pero ese candidato erosionó su influencia en la sociedad, pensando que la erosión es el desgaste, la descomposición, mucha gente piensa que la erosión es eso. El rompimiento de las rocas es la erosión y la erosión es el transporte, el transporte, porque lo que provoca la degradación es la meteorización el intemperismo.

En consecuencia, la gran mayoría de los profesores comentaron que se le debe otorgar mayor importancia a los temas de la teoría de la deriva continental, los movimientos de las placas y algunas teorías que se relacionan con los movimientos de las placas. Todos los profesores entrevistados expresaron que la enseñanza del tema de las placas tectónicas es crucial para que los estudiantes comprendan cómo ocurrió la formación de los países entre ellos Puerto Rico. Así pues, el profesor 4, experto en la materia, comentó que, entre los conceptos que se debe otorgar importancia en los cursos es el análisis histórico de cómo se ha desarrollado el concepto de las placas tectónicas, o sea, lo de la teoría de la deriva continental y cómo se fue teorizando acerca de la separación de las tierras, por medio de los restos arqueológicos de los fósiles que se encontraron en distintos puntos. También, mencionó otro concepto que se asocia al origen de la división de las tierras, conocida como el *Polar wander curve* y la topografía del fondo del mar como los conceptos que formaron parte de un rompecabezas, para explicar las placas tectónicas y el paleomagnetismo. Por eso el profesor 4 indicó lo siguiente:

Los de las reversas de magnetismo a través del tiempo que podamos leer en las rocas, de nuevo yo poco de estas cosas puedo demostrar a parte

de, por ejemplo, con eso de la roca que podamos luego de mostrar y ver una roca física. Que tiene el mineral de metal, o sea, que es magnético, verdad. Este es magnético y demostrar que mira aquí se puede registrar en los minerales y enseñar como imágenes que muestran los grados alineados, no en una dirección, viendo como un *Thin section*, no tengo la abertura ahí para como con un microscopio demostrarlo, pero puedo poner como fotos de laboratorio que han demostrado en sus patrones.

De forma muy similar, el profesor 5, experto en la materia, continuó expresando que la educación respecto a estos temas debe ser uno más amplio y que las cosas rígidas o fijas, como lo son las rocas, no son una excepción de esto. Precisamente, el movimiento de las rocas toma un largo periodo de tiempo, por lo que el ser humano no está presente para llegar a observar todo el proceso. Por ello, el profesor 5 indicó que ofrece una mayor discusión acerca de la historia geológica de las rocas, para explicar acerca de la formación de las montañas por medio del tiempo. De forma similar, el profesor 7 experto en la materia comentó que en sus cursos le da importancia a la explicación de cómo surgen los afloramientos a las formaciones de montañas o volcanes y que en ese proceso va fracturando el tema a partir de la teoría de la deriva continental y los descubrimientos elaborados por Alfred Wegner.

En la misma línea de lo que se ha mencionado antes, el profesor 5 añadió que se le debe otorgar mayor importancia al *tectonismo*, a las placas del Caribe y la de Norteamérica, ya que los eventos sísmicos son parte del sistema natural. Este menciona que, aunque no se puede predecir, si se pueden entender. Por esto, el profesor sustentó que, como caribeños, es medular conocer y entender el potencial sísmico que existe en nuestra región. Por su parte, el profesor 2 experto en la materia indicó que los tipos de movimientos de las placas

tectónicas son los que forman los distintos territorios que se observan; es decir, las cordilleras, las islas y los océanos. Pues, por medio de los movimientos de placas ocurren algunos efectos en los fenómenos naturales. Al respecto, el profesor 2 expresó lo siguiente:

Los terremotos más fuertes ocurren en movimientos convergentes. Las explosiones volcánicas ocurren siempre en lugares donde hay convergencia de placas tectónicas. Eso lo menciono, a ver, por aquí, también, doy estos ejemplos de islas volcánicas, de islas volcánicas activas. Como, por ejemplo, una formación de islas volcánicas, como lo pueden ser las Canarias o Hawaii, que son volcánicas, pero a través de un *hot spot* que no están en lugares de placas tectónicas. En bordes de placas tectónicas, sino es que es una prácticamente una apertura que conecta el manto con la superficie y se forma ese *hot spot* que, realmente, se mueve y hay erupciones. Pero claro, las erupciones se llaman erupciones efusivas, no son explosivas.

Por otro lado, el profesor 4, experto en la materia, expresó que para entender los procesos y los fenómenos que se observan en la tierra, como la construcción de montañas, la destrucción por parte de los terremotos y los volcanes, lo conceptualiza por medio de las raíces históricas y la evolución del concepto. Por esto es por lo que, el profesor afirma en clase que las ciencias son cambiantes y dinámicas. En otras palabras, el profesor 4 expresó que el conocimiento que se tienen en las ciencias sobre un concepto cambia y evoluciona, según la influencia que la información evidencie a través de nuevos descubrimientos. Por último, el profesor 7 experto en la materia expresó que se debe dar énfasis en los elementos de cómo surge la teoría de las placas tectónicas, en las personas involucradas en la creación y modificación de la teoría. De forma específica, indicó que, en la discusión en clase él enfatiza en saber cuán vigente está la misma y en cómo ayuda a entender la realidad de esta. También, el profesor

indicó que, al enseñar los conceptos, da importancia a que los estudiantes logren diferenciar la geología y la geografía, ya que él comenta que no se definen igual. En otras palabras, él lo define como que la geografía sirve para comprender el comportamiento humano, mientras que la geología se encarga de analizar cómo la fuerza de la naturaleza afecta la interacción con los seres humanos.

Además de su contribución, el profesor 7 comentó que, Puerto Rico, en comparación con otros países, no tiene esa organización en el entendimiento de este fenómeno natural, por lo que él indicó que se tiene una alfabetización científica muy escasa en torno a estos temas. El profesor 7 indicó que en otros países se ha logrado una mayor alfabetización, debido a que han tenido una mayor exposición al problema y han presentado una mayor vulnerabilidad. Por esto, el profesor 7 expresó lo siguiente respecto a lo que ocurre cuando una sociedad tiene mayor exposición y vulnerabilidad hacia un problema:

Sí, cuán más vulnerable uno es, cuanto más uno padece estos son terapias de *shock*, verdad, porque ahora que pasamos el huracán María, pues estamos más, hay más conciencia de cómo prepararnos, aunque sea individualmente, aunque el Gobierno no responda, quizás a su responsabilidad vicaria, de proteger la población, pero la gente tiende a crear sus propias condiciones para protegerse. Estar más pendiente, igual pasa cuando un Gobierno tiene responsabilidad, pues los códigos de construcción tienen que modificarlo.

En contraste con lo que los profesores expertos en la materia mencionaron, los de Educación comenzaron enfatizando que se debe intentar conectar los conceptos con la vida de los estudiantes y en la necesidad que tienen de aprender lo que se les va a enseñar sobre estos temas. Así, la profesora 1,

experta en Educación, expresó que, trayendo los problemas reales que los estudiantes observan afuera y aplicándolo en un contexto científico, facilita el entendimiento de los temas. Por otro lado, el profesor 6, también experto en Educación, expresó que se debe otorgar énfasis en la integración de los conceptos del ciclo de Wilson, ya que este es un elemento con el que se explica la evolución de los diferentes procesos geológicos que se asocian con las placas tectónicas.

El profesor 6 comentó que los estudiantes llegan con un conocimiento muy superficial en estos temas, por la falta de conocimiento por parte de los maestros y que se le otorga más énfasis en otros temas. Por otro lado, el profesor 6 expresó que en las placas tectónicas el propósito no es, necesariamente, que los estudiantes sepan los mecanismos por los cuales las placas se mueven o la densidad que ocupan. Más bien es relevante que ellos vean cómo se descubrieron patrones en los datos naturales y que se dieran cuenta de que algo estaba ocurriendo a nivel global. El profesor 6 añadió que, al discutir los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, él considera que se debe comenzar por el tema de las placas, ya que existen mapas que tienen datos concretos. Cabe resaltar que, al igual que los profesores expertos en la materia, el profesor 6, también, otorga énfasis al proceso químico de las rocas en sus clases. Por eso el profesor comentó lo siguiente:

Yo sí les hablo, por ejemplo, que las rocas son sistemas químicos que se formaron en un ambiente de presión y temperatura específica. ¿Qué pasa cuando no están en ese ambiente y cambian? Me han dicho, se desestabilizan; exacto, se desestabilizan química y físicamente y esa desestabilización lleva a la meteorización y a la formación de minerales

secundarios. Y en el caso de las rocas que llegan a la superficie de la Tierra, eventualmente se forman minerales arcillosos, que eventualmente crean suelos. Son la base de los suelos. Suelos y sedimentos, son otros dos conceptos que son complicados, porque piensan que es lo mismo.

De otra manera, la profesora 1, experta de Educación, comentó al igual que los profesores expertos en la materia, que se deben discutir los conceptos que se relacionan con la deriva continental y los tres movimientos de las placas. También, indicó que los conceptos deben relacionarse uno con el otro. Ahora bien, la profesora sostuvo que se debe tomar en consideración el nivel de profundidad en la explicación, dependiendo del grado. Además, expresó que ella les otorga énfasis a los distintos temas dependiendo de cuánto tiempo posee para cubrir cada uno de los temas. En otras palabras, si la profesora tiene poco tiempo en el semestre, pues se limita a que los estudiantes logren comprender las propiedades físicas de las rocas y determinen las diferencias y similitudes de estas.

De tener un poco más de tiempo, la profesora 1 comentó que discute los diferentes tipos de roca de forma general. Esta profesora indicó que en sus cursos es medular llevar a cabo un viaje de campo, por lo menos uno al semestre a la zona *Cársica* de Puerto Rico y de completar un viaje de campo que, no esté asociado al curso de Ciencias Terrestre, y observa alguna formación asociada con el ciclo de las rocas o placas tectónicas se detiene y explica lo encontrado. Por otro lado, esta profesora mencionó que, en sus cursos, también, se discuten las cuevas y la formación de este tipo de topografía en el contexto puertorriqueño, pero luego se va moviendo hacia las Américas

hasta llegar al concepto de la deriva continental. Por último, expresó que, los docentes deben otorgar énfasis en la integración de los contenidos que ocurren en su país, desde la perspectiva de la ciencia. Pues, un docente no puede estar ajeno a lo que ocurre en sus alrededores sin que se traiga a clase. Por esto, ella expresó lo siguiente:

Para mí un maestro del nivel elemental tiene que ser capaz, no solo en la clase de Ciencia, yo trasciendo eso y menos, porque estoy dando Ciencias terrestres, eso es imperdonable que no lo hagas si está dando Ciencias terrestres. Pero, todo maestro tiene que comenzar, o sea yo no consigo una escuela que no empiecen a agosto hablar de huracanes, es que tiene que ser parte de lo que vamos a estar hablando, porque lo que va a estar ahí, es de lo que empezamos a hablar los puertorriqueños tan pronto llegue esa época y la escuela y es hasta noviembre, Pues y ahora todos tenemos aquí una aplicación que nos dice tembló hoy en tal sitio a tanto. Eso está accesible a toda persona no tiene que ser maestro, tú sabes que ayer temblor en Puerto Rico en tal sitio uno de 2.3. Así que tiene que estar, aunque no esté en el currículo, yo tengo que traerlo como maestro responsable a mi salón de clase, ahora como maestro de Ciencias es imperdonable es un deber ministerial blanqueamiento de arrecife Puerto Rico cómo no vamos a estar hablando de eso, el impacto a los arrecifes el cambio del coloramiento de los corales en el mar.

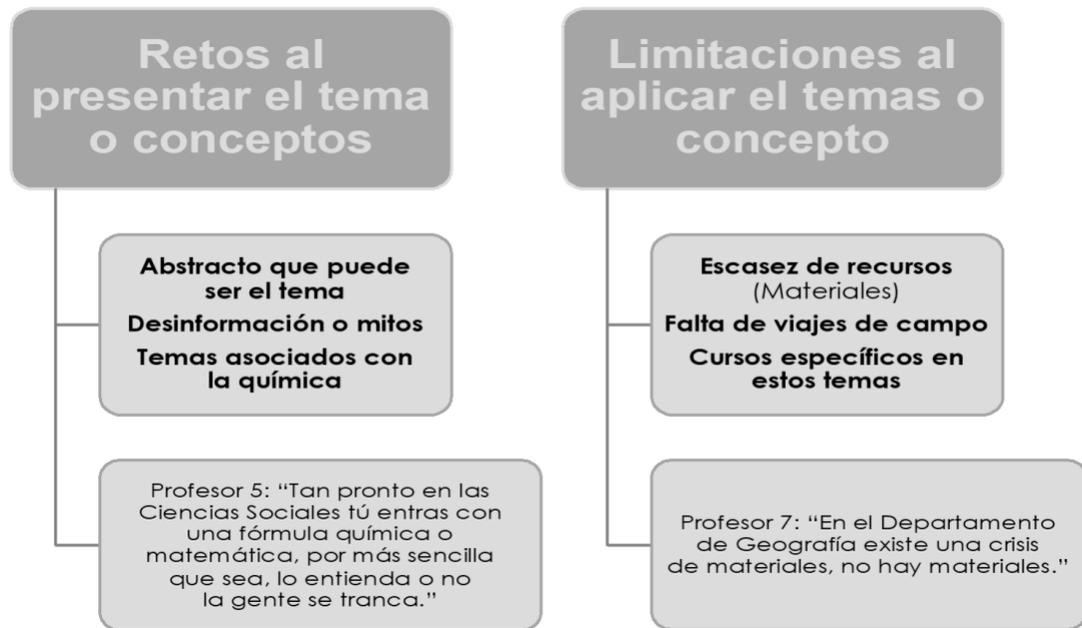
Aspectos negativos en torno a la enseñanza de los temas y conceptos

Los aspectos negativos o que imposibilitan el aprendizaje del tema o los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas en los cursos universitarios que enseñaban los profesores participantes se representaron por medio de un conjunto de particularidades que ocurrieron en que, a su vez, produjeron una reacción negativa en ellos. Estas particularidades con base en una experiencia negativa se relacionan con las limitaciones al aplicar temas o conceptos y los retos al presentar el tema o conceptos. Cabe resaltar, que un factor que limitó la enseñanza de los temas al ofrecer estos cursos fue la falta de

recursos para que los profesores pudieran presentar todos los temas. De la misma manera, otro factor limitante fueron aquellos contenidos o temas que los profesores consideraron como un desafío para enseñar la comprensión de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. A continuación, se presentan los hallazgos en relación con estos factores. Por último, en la siguiente figura 4.4 se presenta un esquema representando las subcategorías de este epígrafe con los puntos más relevantes y unas citas directas de los expertos.

Figura 4.4

Macro categoría aspectos negativos en torno a la enseñanza de los temas y conceptos



Limitaciones al aplicar temas o conceptos

Las experiencias negativas que limitaron la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, al aplicar conceptos específicos, se representó

en diferentes factores que imposibilitaron que los profesores pudiesen abundar acerca de estos, según los autores expertos en la materia. Por ejemplo, ellos indicaron que hay una escasez de recursos (i.e., materiales) básicos en la universidad, entre ellos, el kit de rocas y los modelos tridimensionales. Además, indicaron que otro factor que puede limitar el entendimiento del ciclo de las rocas es la falta de viajes de campo, tal que se aplique y ejemplifique a lo que se enseña en clase. En relación con esto, mencionaron que la limitación principal es la falta de un medio de transporte para llevar a los estudiantes a diferentes viajes de campo. Asimismo, se carece de presupuesto para ofrecer un estímulo a los docentes que tomen desarrollo profesional o participen de congresos. En relación con estos planteamientos, el profesor 7 comentó:

No hay *kit* de roca, no hay kit de roca; pues, lo teníamos, sí, pero bueno, cuando yo comencé hace 30 años. Había, pero no se han reemplazado. No hay; en el Departamento de Geografía existe una crisis de materiales, no hay materiales. Lamentablemente, se los muestro teóricamente o, claro, ahora ni siquiera hacemos viajes de campo, porque ya tampoco hay viajes de campo.

Por otro lado, los expertos de Educación indicaron que el factor que imposibilita la enseñanza de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas es la falta de un curso específico en el que se discutan estos temas. En efecto, esto hace que haya un atraso en el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del docente, ya que los estudiantes presentan algunas lagunas respecto al tema. Acerca de este asunto, el profesor 6 indicó lo siguiente:

El enfoque principal y la metodología al final puede ser interesante para ellos [los estudiantes], yo creo que lo es. Pero ellos tienen unas lagunas

bien grandes en las Ciencias Terrestres. Sí las tienen y ellos mismos la aceptan, o sea, y mis colegas de Naturales son brillantes y excelentes, pero ahora mismo que yo conozca y es un buen amigo mío, hay un geólogo. Y está enfocado en Ciencias Ambientales. Así que, la parte en Geología y Ciencias Terrestres más específicas no hay un curso, así como tal, que ellos estén tomando y, si lo hay, es uno solo.

Retos al presentar el tema o conceptos

Los retos que los profesores indicaron respecto a la enseñanza de los conceptos los relacionaron con los momentos en que los estudiantes presentaron una mayor dificultad en el entendimiento. El profesor 2 indicó que uno de los grandes retos en el transcurso de presentar los temas, era que los estudiantes no comprendían la importancia de tener conocimiento asociados a la geología y los riesgos naturales de las formaciones geológicas. Es decir, que él entendía que los estudiantes necesitan tener conocimiento acerca de los riesgos del deslizamiento o hundimiento de terreno, que se pueden dar en las diferentes zonas de Puerto Rico. Esto se asocia con el conocimiento de las teorías que se aplican a estos conceptos. Es por esto por lo que el profesor 2 comentó lo siguiente, respecto a que es necesario,

conocer la geología en torno al riesgo de tsunami o riesgo, en este caso de terremoto, o riesgos de deslizamientos de tierra o hundimiento de tierra, que pueda darse en la zona del Carso o zonas de deslizamiento. Zonas cercanas a fallas geológicas, sería un reto y que lo que no sea solo, pues la teoría que sea, también, una teoría que la podamos aplicar a otros conceptos como los conceptos de peligro naturales.

Cabe resaltar, que la profesora, experta en la materia, comentó que un reto al presentar estos conceptos es lo abstracto que puede ser conceptualizar sobre estos temas, ya que no es posible ir al centro de la tierra para observar la formación de estas rocas ni el movimiento de las placas tectónicas en la

litosfera. Además, esta consideró que otra dificultad que se asocia con presentar el tema es la desinformación que se obtiene del Internet sobre estos temas. En otras palabras, la información que los ciudadanos puertorriqueños pueden proceder de fuentes que no son confiables y eso origina los mitos que las persona internalizan como verdaderos. Como consecuencia, el reto que indicó esta profesora es que, como docente, reconocía que hoy día la información se puede encontrar en cualquier sitio de la Internet. Pero, más allá de obtener la información, el desafío está en lograr que los estudiantes sean capaces de discernir qué información es útil y confiable. Además, el reto está en que sean capaces de tener un pensamiento crítico acerca de los temas y procesos que conlleva para la formación de las rocas. En relación con estos asuntos, la profesora 3 indicó lo siguiente:

Lo abstracto del tema es que no podemos ir al centro del planeta a ver el magma. Que ahora mismo yo te puedo decir que hay roca derretida debajo de nosotros, pero, visualizar eso, y que nos estamos moviendo; que las placas se están moviendo ahora mismo, pero yo no lo siento, ese es un reto grande y los mitos asociados, a la desinformación en Internet. Quizás eso puede ser uno de los enfoques principales, primero, que ellos sepan cuál es la información creíble. A dónde ellos deben acudir para encontrar información que sea creíble, que sea legítima. Eso es un lío, porque ellos pueden buscar cualquier página: "ciclo de la roca", y toda esa información está ahí, pero yo creo que ahí, entonces, el rol del maestro no es dar los conceptos. La idea es que ellos se formen como seres pensantes, no meterle todos esos conceptos ahí, porque eso ellos lo pueden encontrar en cualquier lado y lo pueden encontrar mal. O sea, que la idea es enseñar no solamente el concepto que ellos pueden encontrar en cualquier lado de forma correcta, sino también que ellos aprendan a hacerse preguntas inteligentes y relacionarlo con su realidad y con el resto del mundo.

De forma similar, otro profesor experto indicó que un reto relevante es que las personas tienen dificultad en la comprensión de estos conceptos de escala

espacial y temporal. Es decir, que al igual que la profesora 3, el profesor 4, experto en la materia, indicó que uno de los retos es el dominio de lo abstracto, de conocer la formación de las rocas y las placas. Sin embargo, el profesor 4 puso énfasis en que el reto está en la falta de discernimiento por parte de la limitación humana de no poder observar todo el proceso de la formación de una roca o la formación de montañas, ya que dura miles de años. De forma específica el profesor 4 indicó lo siguiente:

Es la escala espacial y temporal, verdad. Estamos hablando de escala que no podemos comprender como humanos, porque no tenemos la experiencia de vida para poder realmente que es un billón de años, verdad. Que, cómo se puede formar una montaña a través de millones de años. Puede ser bastante retante [sic] para el estudiante que necesitan algo como físico, táctil para ver, para hacer su asociación. No todos aprenden muy bien en cosas abstractas, no; así que, eso puede ser un reto.

También, el profesor 4 indicó que las personas ven esta Ciencia como una electiva y no como un curso fundamental, como lo son el resto de las ramas de las ciencias. Y, como consecuencia, se le dificulta el entendimiento de los temas y la interconectividad que se puede obtener con el resto de los temas que conectan a la geografía. Específicamente, el profesor 4 comentó lo siguiente:

Se relega a estas ciencias como una electiva. Porque no la vemos como algo fundamental, verdad, pero sí es fundamental en mi opinión, porque literalmente es la fundación en que vienen todos los demás, verdad, de toda la ecología y todas esas estructuras y todos los materiales que se usan.

Por otro lado, el profesor 5, experto en la materia, expuso que otro reto que se muestra en la discusión de los temas es que se presentan de una forma muy fragmentada; es decir, que solamente se habla de una pequeña cantidad de

temas al respecto. Así las cosas, se puede observar una falta de interés en el entendimiento de la geografía. También, el profesor 5 comentó que este problema seguirá aumentando a medida que se siga discutiendo la ciencia como un tema aparte de las ciencias sociales. Además, el profesor 5 comentó que captar la atención de los estudiantes a que tengan un interés por estos temas que son muy abstractos, es de gran dificultad y, por eso, él consideró utilizar una situación hipotética de eventos catastróficos, aunque sea personalizada, no logrará obtener la atención requerida por parte de los estudiantes. Continuando en la misma línea, el experto indicó que estos temas se deben entender como parte de un todo dentro de la geografía física en el campo ambiental. Por esto, el profesor 5 indicó lo siguiente:

Hay que entender el ciclo de las rocas, todos estos elementos de geografía física, estos principios de la geografía física hay que entenderlo como parte de un contexto, el contexto de nosotros, pues es el ambiental. Y yo creo que en la medida que filosóficamente se siga viendo esto como un tema aparte, alejado de las ciencias sociales, pues no va a haber el interés. Yo creo que es la mirada, o sea, ver esto como parte de; eso es parte de lo que me afecta.

De forma específica, otro reto que indicaron dos de los cinco profesores expertos en la materia en el proceso de entrevista fue en los conceptos que se asocian con la Química. Dicho de otra manera, ellos comentaron que los temas que se discuten acerca de los elementos de la tabla periódica, la composición química y la formación de minerales trae una gran confusión en los estudiantes. Debido a que, para entender los procesos de la creación de un mineral o una roca el estudiante debe integrar conceptos básicos de los campos de la Química, ya que los elementos deben formar unos enlaces entre los elementos

antes de formar un mineral y, a su vez, una roca. Estos procesos que son conceptos básicos e importante de este tema algunos estudiantes no lo dominan. Por eso, el profesor 4 indicó que tener un conocimiento básico en los conceptos de Química ayudaría en el entendimiento de otros conceptos, ya que, según su experiencia, cuando los estudiantes no dominan estos temas no suelen salir bien en sus cursos. Además, el comentó que conocer los temas que se asocian con la Geología es muy importante, porque ayuda a entender las otras ramas de la Ciencia relacionadas con la tierra. Por tanto, el profesor 4 indicó:

Realmente se basa en composición y se basa como en propiedades físicas y todo, y eso requiere un entendimiento básico de estos otros conceptos. Si no lo tiene, lo que he encontrado, en otras veces, es que se pierden y no pueden, no pueden. Bueno, *they can't drop the inferences*. Porque tienden a confundirse con escuchar un tipo de elemento, cómo esto puede ser esto, cuando, realmente, sí solo piensan un poco acerca de la estructura y la relación, *their can only can be this answer because it makes sense*. Basado en la información dada no sé si me explico, verdad, pero yo he visto como la falta básica a veces de la química y de la física y las propiedades de eso limita la capacidad para entender a otros ejemplos de geología.

De forma similar, el profesor 5 comentó que el reto que él observa asociado con el campo de la Química, que por más sencilla que sea la ecuación matemática o el símbolo químico que se presente en clase, los estudiantes se bloquean mentalmente. El profesor indicó que los estudiantes que toman sus cursos tienen una barrera y, como parte de ella se incluye cualquier concepto que se asocie a la Química. Cuando se discuten los temas sobre el ciclo de la roca, específicamente, acerca de las rocas sedimentarias, se discuten temas que se relacionan con la química, ya que se habla de cómo afectan los procesos

del oxígeno en el cambio de la roca y cómo reacciona respecto a su entorno. Por último, el profesor interpretó que los estudiantes llegan a la universidad con unos prejuicios establecidos desde la escuela, ya que no hay una integración de la clase de ciencias sociales con la de ciencias naturales para la discusión de estos temas. Consecuentemente, los estudiantes salen afectados al creer que debe haber una división entre ambos cursos. Por esto, el profesor 5 mencionó lo siguiente:

Tan pronto en las Ciencias Sociales tú entras con una fórmula química, por más sencilla que sea, o una fórmula matemática aritmética, ya lo entienda o no lo entienda, la gente se tranca. Cuando yo pongo CO_2 más H_2O , que después me da ácido carbónico más H_2CO_3 , que es la caliza, ya tú notas que la gente contiene una barrera y en la barrera está que la Química es memorizar la tabla periódica y siempre tengo que bajarle.

Por otro lado, los profesores de Educación presentaron retos similares a los expertos en la materia, ya que estos profesores comentaron que los estudiantes tienen dificultades en la comprensión de conceptos básicos de investigación y el uso de materiales, como lo son el uso de un mapa. Además, la profesora 1, experta en Educación, comentó que la cultura o el populismo son aspectos que afectan el entendimiento de los estudiantes. O sea que, al igual que comentó la profesora 3, experta en la materia, la profesora 1 indicó que la información que no es confiable afecta el entendimiento de los estudiantes. Por eso, la profesora añadió que, cuando ocurre algún fenómeno natural, el cerebro del humano tiene la capacidad de buscar alguna explicación y esa explicación puede venir de una combinación de lo que escuchan y las experiencias vividas. Consecuentemente, esto puede dar lugar a una “pseudociencia” y hace pensar que es la respuesta a

ese problema. Sin embargo, lo que se crea es una idea errónea sobre el problema. Por esto, la experta 1 expresó lo siguiente:

O sea, cómo son aplicaciones a fenómenos que nos ocurren, el *homo sapiens* tiene la capacidad de buscar la explicación, sí eso es parte de nuestro cerebro, pues está hecho para eso entre otras cosas. Así que yo le tengo que dar explicación a los fenómenos naturales que ocurren en mi planeta –Ciencias terrestres, voy por ahí– qué pasa que esa explicación puede ser la que yo construyo con lo que escuchó y ahí hago la mezcolanza: “Mi abuelo me dijo”. Y ese es el mayor reto para mí, el darnos cuenta de que la cultura, el populismo está lleno de ideas erróneas que construimos como *sapiens* o que nos inventamos o que me lo enseñaron bien mal.

O sea, me lo enseñaron muy bien, algo que está bien mal, y me lo enseñaron súper bien y no se me olvida, porque me funciona. Nuestro reto es partir de todas esas ideas preconcebidas, ideas erróneas, conceptos erróneos, ideas populares de la cultura, y utilizarla ese es el reto y utilizarlos como punto de partida para generar conflictos cognitivos que despierten la necesidad de aprender. Que yo me cuestione, ah pues el norte no está arriba dónde está y ahora aprendo dónde está. Aun así, te aclaro que, con esa explicación, no necesariamente se borra, porque son tantos años de tu operando con ese concepto erróneo que no se borra tan fácil. Una vez que lo tienes no se borra, pero hay mayor probabilidad de que lo recuerdes.

Recomendaciones para que los maestros enseñen los temas y conceptos

En este epígrafe se pone énfasis en las recomendaciones que, tanto los profesores expertos en la materia como los de Educación ofrecieron, para que los maestros presenten los temas o conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. De esta forma, los maestros podrían concienciar mejor a sus estudiantes y así, observen la importancia de conocer acerca de estos temas. Asimismo, los profesores enfatizaron en la importancia de que los maestros dominen estos temas. Por último, en la siguiente figura 4.5 se presenta un esquema representando las subcategorías de este epígrafe con los puntos más relevantes y unas citas directas de los expertos.

Figura 4.5

Macrocategoría recomendaciones para que los maestros enseñen los temas y conceptos



Recomendaciones para concienciar a estudiantes en torno a la relevancia de conocer acerca de estos temas y conceptos

En el aspecto de concienciar a los estudiantes acerca de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, al presentar los temas en clase, los profesores expertos en la materia y en Educación recomendaron aspectos específicos para la enseñanza, tal que se alcance una mejor comprensión por parte de los estudiantes. Para comenzar, el profesor 2, experto en la materia, recomendó lo siguiente respecto a la concientización del tema: que debe saber las teorías del ciclo de las rocas y de las placas tectónicas. De la misma forma, debe saber aplicar esas teorías al contexto de Puerto Rico, debido a que es el lugar donde se enseña. Además, el profesor 2 comentó que se puede

concienciar por medio de un viaje de campo; es decir, ir a lugares en donde se puedan aplicar los conocimientos que se expliquen en clase, incluso, que se pueda observar la realidad de lo que se explica.

Por su parte, la profesora 3, experta en la materia, recomendó que lo primero que se debe hacer en el curso es preguntarles a los estudiantes qué es lo que ellos saben del tema, para que el docente tenga una idea de dónde partir. Debido a que, si hay un grupo que presenta o indica algunos errores conceptuales o mitos, el docente pueda saber que, en ese grupo, debe poner más énfasis en la clarificación de los conceptos. Por eso, la profesora 3 comentó que ella comienza la clase preguntando qué han escuchado y qué conocen acerca de los temas medulares. Así, con las respuestas completa un ejercicio acerca del nivel del dominio de sus estudiantes. La profesora 3 también recomendó enfocar la clase más allá de las clasificaciones, ya que ella entendía que las clasificaciones no eran útiles en la vida real ni con ellas se captura la atención de los estudiantes. Por esto, ella comentó lo siguiente:

Hay que contextualizar, hay que traerlo a la realidad del grupo que tú tienes. Por eso, preguntarles primero es importante. Pensar, a ver, en qué región de Puerto Rico tú estás, qué cosas son las que ellos ven de primera mano, porque si vas a hablar de terremotos en una escuela de Guánica no es lo mismo que hablarlo en Vieques o aquí. Sí, o sea, eso es lo primero a conocer a tu audiencia, conocer el Grupo. A veces lo mejor es no escribirlo, si es un grupo que esté dispuesto a dibujar. Hubo un tiempo que yo hacía eso, fíjate, últimamente, no lo he dicho, que ponía a dibujar a los muchachos en la universidad.

Desde otra perspectiva, el profesor 4, experto en la materia, comentó que él recomendaba buscar los puntos de convergencia de los conceptos. De esta forma, cuando se esté estudiando o enseñando acerca de los temas asociados

con la geología, el ciclo de las rocas o las placas tectónicas se puedan relacionar con otros campos de la rama de las ciencias. Es decir, el profesor 4 expresó que, dado a la complejidad y necesidad de conocer más sobre estos temas, se debe evitar aplicarlos de una manera aislada, sino que se debe buscar la simplificación de los temas y asociar un tema con el otro. Otra recomendación que ofreció el profesor 4 fue la de educar a los estudiantes utilizando la combinación de literatura primaria y los viajes de campo, al igual que indicó el profesor 2. El profesor 4 concordó con el profesor 2, al expresar que las ciencias geológicas se aprenden y se conocen profundamente en el campo. Esto se debe a que suele teorizarse a base del libro utilizado en el salón y luego, se va al campo a aplicar el conocimiento que se adquirió en el salón.

De forma similar, el profesor 5, experto en la materia, expresó que se debe reconocer que los estudiantes de hoy día se exponen a otras realidades que las personas de muchos años atrás. Por ese motivo, él comentó que se debe explicar el fenómeno en función a las bases teóricas que estén vigentes en este momento. Puesto que, el profesor 5 expresó que la información acerca de las placas tectónicas cada tres o cuatro años cambia y hay muchas variaciones en las teorías de esta. Por ese motivo, el profesor 5 dijo que se debe ver, primordialmente, qué los está afectando, o sea, ir al fenómeno, vivirlo, estudiar las bases que lo crean y problematizar el mismo. De esta manera, se despierta el interés en los estudiantes y así, estos se preguntarán cómo eso los afecta a ellos. Por eso, el profesor 5 comentó lo siguiente:

Ir hacia atrás, porque si me pongo a explicar la placa, poner un mapa de la placa tectónica. Pues la gente dice: ¡Ah!, eso es algo lejano. Sí, va a pasar un día de estos. No, no, no, vamos hacia atrás. Va a haber un terremoto ahora, ¿qué tú vas a hacer? ¿Cómo se forma un terremoto? Vas hacia atrás. Yo creo que es la manera de cómo nuestra juventud va a aprender, necesita mucha tecnología para aprender de la placa tectónica ... No, no, no, tú tienes que agarrar la atención. Aquí hay un terremoto ahora siete, ¿qué tú vas a hacer? [Refiriéndose a la categoría según la escala de Richter].

Por otro lado, la profesora 3, experta en la materia, recomendó que se le debe educar a los estudiantes para alcanzar el pensamiento crítico; que no sea simplemente recoger un montón de conceptos y ya. El futuro maestro que impartirá la clase debe cuestionar acerca del proceso y la relación que existe entre los conceptos. Asimismo, la profesora comentó que los futuros docentes deben ser críticos para que logren comprender los conceptos y no se les haga difícil transmitir la información. De una forma muy similar, el profesor 7, experto en la materia, recomendó que la educación de los futuros maestros debe dirigirse a lo interdisciplinario y que debe haber más comunicación entre los distintos campos de la ciencia. Es decir, el profesor 7 indicó que es importante obtener un mejor diálogo entre las ramas de las ciencias, para que la gente comprenda y asimile el conocimiento que se presenta. En relación con esto, el profesor 7 expresó lo siguiente:

Todas son importantes, todas son buenas, y eso es parte de ese proceso que debe de ajustarse en términos de cómo preparar el maestro. Yo creo que aquí estamos en el modelo de la “hiperespecialización”. Se especializa demasiado la gente cuando tú te especializas demasiado, sabes más y más de menos y menos, realmente. Terminas que no puedes entender las complejidades, puedes entender lo específico, pero no entiendes las complejidades. Y, en este tipo de enfoque, este tipo de problemas, ciclo de las rocas es un campo eminentemente interdisciplinario. ¿Dónde está la Química, la Física, la geografía, la

arquitectura, la economía? La persona que se forma en eso tiene que entender que esto tiene un impacto múltiple, y que todo este conocimiento, se comunica entre sí. Y tú tienes que poder expresar, tienes que aprenderlo, aprenderlo como se está formando, para poder luego verdaderamente reproducir ese conocimiento adecuadamente en la mente de los estudiantes.

Desde otro punto de vista, el profesor 5 expresó un pensamiento similar al profesor 7, ambos expertos en la materia, puesto que, recomendó que se debe ofrecer un curso o talleres en los que se presente la vulnerabilidad que existe en Puerto Rico. Es decir, de la vulnerabilidad ambiental y social que existe en Puerto Rico y cómo se puede atender. El profesor 5 añadió que en el curso o taller se deben tocar temas que se relacionen con los que afecta hoy día al País, como: (a) el agua y la sequía; (b) eventos sísmicos; (c) la infraestructura; y (c) la transportación. Al respecto, el profesor 5 puso énfasis en que se hable de cuán vulnerable se está en Puerto Rico y que, a partir de ahí, se forme a los maestros en torno a cómo entender y explicar todo lo que se relaciona con esto. Por eso el profesor 5 comentó lo siguiente:

También, a veces se nos olvida que somos caribeños y el Caribe, también, está expuesto a unos elementos. Y yo creo que tiene que haber un elemento académico para crear esa conciencia, cuán vulnerables somos. Y a partir de ahí, es como nosotros construimos el conocimiento. Por ejemplo, en el caso mío, la conciencia ambiental es relevante para poder mitigar esto. Porque, si a mí un terremoto no me afecta, pues para qué yo lo quiero saber, lamentablemente, debería saberlo. Pero, por ejemplo, cómo me afecta a mí la avalancha de nieve, en el Yunque no cae nieve que yo sepa no, pues mira, no, lamentablemente, sería bueno saberlo también.

De forma similar, el profesor 7, experto en la materia, recomendó que los docentes deben tener contacto con los mejores especialistas, con los mejores textos o materiales y que se les ofrezca participar en congresos especializados.

De esta manera, pudiera enriquecer la formación de un futuro maestro en estos temas. En contraste, la profesora 1, experta de Educación, recomendó que, para la educación formal de los docentes, ella entiende que los temas discutidos del curso de Ciencias Terrestres tienen una gran importancia, ya que en ellos se explica el entorno. Dado a eso, ella comentó que todos los educadores deben tener una preparación asociada con las Ciencias Terrestres con su respectiva certificación sobre esto. Además, volvió a recalcar que los profesores deben modelar siempre lo que enseñan.

Por otro lado, al igual que expresaron los profesores 5 y 7, la profesora 1 recomendó que los futuros docentes participen en actividades de desarrollo profesional y talleres. Además, la profesora 1 comentó que la integración de los recursos de internet, ya sean los *streaming*, cable, *Amazon prime*, *Netflix* en conjunto a los documentales oficiales de *National Geographic*, entre otras, deben ser parte de los recursos en los cursos, para poder enriquecer el entendimiento de los temas. Por último, la profesora 1 recomendó la integración de los temas que se relacionan con las nanopartículas y cómo ellas atrapan los contaminantes del suelo, además de la discusión acerca de la ética ambiental. Debido a que la profesora entiende que se debe discutir con lo que se está haciendo respecto al suelo y el desplazamiento de algunas zonas, porque afectan el terreno. Por eso la profesora comentó lo siguiente:

Ética relacionada con lo que estamos haciendo con las costas como con el suelo, con rocas, con todo eso. Por ejemplo, por lo general los desplazamientos a los que queremos sacar algunas veces son los ricos, pero a veces son los pobres, también, de la costa Magueyes es el rico, Magueyes no la Parguera; gente que tiene ahí, pero tenemos lugares

como La Perla. Estos son aspectos éticos sociales que deben ser trabajados. Porque, no hay duda de que esa gente está, no hay duda [de] que esa gente está en la costa donde en la zona marítimo terrestre, no hay duda, pero ¿cómo procedemos en eso? Porque, yo soy la primera que quiero sacar a todo el mundo, pero eso tiene unas implicaciones sociales, ética social. Esos aspectos, yo creo que hay que traerlos en el contexto de Puerto Rico y el mundo lo que está pasando ahora nuestras palabras las protestas de las playas son nuestras. Todo eso, porque la playa es un componente importante de toda esa litosfera de todo ese ciclo.

Por otro lado, el profesor 6, experto de Educación, recomendó integrar el ciclo de las rocas, luego de discutir de forma general el tectonismo, ya que es el proceso que hace el ciclo de las rocas, tal y como se conoce en la Tierra. Además, el profesor 6 comentó que lo presenta de esa forma para que no sea un simple ejercicio de memorización acerca de unas simples rocas y ya. Por eso, el profesor 6 expresó que se debe poner énfasis en los procesos del derretimiento o congelamiento del magma, ya que a partir de ahí se convierte en roca. También, indicó que se debe profundizar en los procesos de erosión y meteorización de las rocas. Cabe resaltar que el profesor indicó que, más allá de seguir el método que él utiliza en sus cursos, consideró que es importante que, al discutir los temas, se vaya de conceptos concretos a los abstractos, lo mejor posible. Además, el profesor 6 indicó que al enseñar los temas lo haga pensando en los próximos temas que se relacionan con las rocas o a las placas y que vaya de lo concreto a lo más abstracto.

El profesor 6, al igual que comentó la profesora 3, experta en la materia, indicó que en el ciclo de las rocas no se le debe otorgar importancia en la clasificación de los distintos tipos de rocas, ya que no es importante en lo

absoluto. Igualmente, el profesor 6 recomendó que se debe enfatizar primordialmente en las propiedades físicas de la materia y luego, en las propiedades químicas. Por eso, el profesor expresó que una de las actividades que realiza en el salón es que los estudiantes clasifiquen los materiales terrestres entre rocas y minerales, para que logren notar las diferencias entre ambas. Así pues, el profesor comentó que conlleva una indagación científica o *inquiry based education*, ya que en vez de darle la información permite que los estudiantes lo descubran por medio de hechos. Al respecto, el profesor 6 expresó lo siguiente respecto a eso:

Yo le digo casi siempre lo clasifican en cuatro grupos. Así que, si llegan a cuatro grupos, yo estoy feliz. Julián, te juro que casi siempre lo que tienen bueno de seguro son los minerales, porque dicen estos son como más homogéneos, no están compuestos de otras cosas. Algunos se ven cristalinos, estos no son iguales que los demás. Y una vez tienen minerales aparte, yo soy el hombre más feliz del mundo, porque dije: ¡tremendo! No hay que decirles a los maestros ni a los estudiantes cuál es el nombre que yo quiero, que ellos le den, tú sabes. Entonces, yo hago eso, lo saco aparte y los otros, las rocas aparte y les digo ahora cojan este grupo de materiales y subdividan aún más. Y empiezan a esto, están hecho otras cosas, a veces mezclan ígneas con sedimentarias no hay problema, están hechas de otras cosas.

Desde otra perspectiva, el profesor 2, experto en la materia, recomendó en cuanto a la presentación de los temas o conceptos, el expresó que se debe integrar a los cursos la construcción de un *story map* en internet. Debido a que él consideró que es un buen recurso didáctico para tener y aplicar durante el curso. De la misma manera, el profesor 2 recomendó el uso de un libro que él nombró un clásico escrito en Puerto Rico sobre estos temas, que se titula la Geofísica. El profesor continuó expresando que el libro de la Geofísica de Puerto Rico es un

libro de los años 70, hecho por expertos de la época. En él se explica todo el proceso de cómo se formó Puerto Rico, las dimensiones que debió tener Puerto Rico en aquel entonces y muchas cosas más específicas.

De forma similar, la profesora 3, experta en la materia, recomendó la integración del uso de los libros, en este caso la profesora indicó un libro introductorio de la Geografía Física para la discusión de estos temas en general. También, la profesora recomendó el uso de un documental llamado *Earth the Biography*, ya que es un recurso en el que no tan solo se habla de los volcanes y placas tectónicas, sino que los relaciona con la atmósfera y la formación de la tierra. Al igual que los profesores 2 y 3 el profesor 4, experto en la materia, recomendó el uso de un libro introductorio de Geografía Física o de Geología Ambiental. El profesor recomendó los libros de los autores Karla Montgomery y Nortons, ya que en estos se tratan los temas de forma que ayudan a construir un tema encima de otro. El profesor 4, también, recomendó el uso de la literatura primaria y algunos artículos sacados de la página del *United States Geological Survey*.

Por otro lado, el profesor 5, experto en la materia, recomendó poner énfasis en el desempeño al dar la clase, más que en otra cosa. Otro recurso que recomendó el profesor en la integración para presentar los conceptos fue el uso del dibujo en sus cursos. Además, el profesor 5 expresó que los libros son buena referencia para la búsqueda de más información al igual que el uso de un recurso tecnológico como lo es *Youtube*. Dado a eso, el profesor 5 expresó lo siguiente:

Tú te paras en el salón con los estudiantes y te mueves, gesticulas. Así que hay un terremoto que se sienta, habla con fuerza, grita. Y pones a tus estudiantes a actuar un *performance*. Sí. Un terremoto. Tú sabes qué yo hago con un terremoto, lo aprendí de mí mentor José Molinelli. Cojo un pupitre y lo tiró contra la puerta [el profesor procede a hacer ruido como si la silla chocará con la puerta] para que todo el mundo brinque. Así es un terremoto. Todo el mundo haga levántese y jamaqueen en sus pupitres. Esto es un terremoto, qué usted va a hacer. Okay. Y hago el siguiente ejercicio. Cómo usted se siente en un terremoto, tengo un bate. Ponlo ahí y dale diez vueltas. Ahora corre en línea recta a ver si puedes. No puedo. Eso es lo que un terremoto papá llega a ser. Si yo me siento a hablar, la coyuntura se da en lo que la gente se duerme.

El profesor 7, experto en la materia, recomendó que para la presentación de los temas o conceptos no se puede escatimar con los recursos a la disposición, que se puedan utilizar en clase, que ayuden a redundar en un mejor rendimiento y comprensión por parte de los estudiantes. De forma específica, el profesor 7 recomendó altamente la integración de un viaje de campo como actividad medular en clase, al igual otros profesores mencionaron anteriormente. Siguiendo la misma línea, el profesor expresó que no solamente debe conllevar un viaje de campo locales, sino que, también, fuera de Puerto Rico, para que puedan presenciar cómo se manifiesta en otros lugares este proceso. Además, el profesor recomendó, al igual que los otros expertos en la materia, el uso de un libro para la presentación de los temas, en este caso que el libro sea especializado en la geología o en la geomorfología.

Por su parte, el profesor 4, experto en la materia comentó que para la presentación de los conceptos él recomendaba la integración de simuladores sobre el ciclo de las rocas y las placas tectónicas al curso, Además, comentó que, tanto el *National Geographic* y el *United States Geological Survey* tienen

variedad de recursos, modelos y animaciones que se pueden utilizar para demostrar cómo funcionan los procesos de las placas tectónicas o el ciclo de las rocas. Además, el profesor 7 recomendó clases con base en la práctica, o sea, la inclusión del laboratorio. De igual manera, el profesor 7 recomendó que se tomen cursos en el uso de sistemas de información geográfica, debido a que son muy poderosos para poder visualizar y representar un ambiente. Por esto el profesor 7 expresó lo siguiente:

¿Qué patrones de fenómenos encontramos en la Tierra, especialmente con la roca? Entonces, este, *it's great* es como una destreza, una herramienta que se puede usar, lo veo como bien importante.

Desde otra perspectiva, el profesor 6, experto de Educación, expresó nuevamente que recomienda empezar por las placas tectónicas. Es decir, el profesor 6 expresó que comienza exponiendo los datos más concretos que se tienen sobre dónde están los volcanes en el planeta, dónde ocurren la mayoría de los terremotos, dónde se encuentran las fosas y las cordilleras, para así determinar la edad de las rocas. El profesor 6 indicó que presenta todos estos conceptos en clase, para que los estudiantes vean los datos y vayan encontrando los patrones que se incluyen en un mapa. Cabe resaltar, que el profesor 6 utiliza un mapa en clase en conjunto con datos acerca de los eventos sísmicos y las localizaciones de los volcanes en el planeta, para que los estudiantes localicen los datos en el mapa. El profesor 6, comentó lo siguiente acerca de la forma que integra el uso del mapa:

Yo les doy mapas con los datos, mapas de terremotos, mapas de volcanes; esto ha sido lo mejor que me ha funcionado. Entonces, ya empiezan a decir: “ah, mira, me estoy dando cuenta que en el Caribe hay terremotos que van desde bien llano hasta bien profundo, desde las Antillas menores hacia el oeste. Oye, pero en Islandia no, en Islandia todos los terremotos son bien llanitos, son la superficie básicamente y están como en una línea.” Ellos empiezan a ver esos patrones. Yo les pido que clasifiquen esos patrones, esto es a base de ese artículo que te dije de, *Rise University*, que me parece brillante. Entonces, ellos empiezan a clasificar esos patrones y empiezan a hacer categorías de “bordes de”, no le llamó todavía placas tectónicas, categorías de datos. Esto es tipo uno y tipo dos, tipo tres, refiriéndose a la categoría que ellos definen, por ejemplo, tipo uno podría ser Sismología del Caribe. Entonces, van a ver el tipo uno en Japón, también, y lo van a ver en las Filipinas y lo van a ver en Indonesia, en el mundo entero, dónde está ese, esos eventos dónde ocurren de manera similar, lo ven en Chile. OK. Pero, entonces, empiezan a ver que el del Caribe y el de Chile tienen unas diferencias. Porque en el Caribe no hay continente, Chile sí. Entonces, yo lo empujo un poco, los presiono un poco y digo, ok. Pero ¿es exactamente lo mismo lo que ven en los Andes o lo que ven en las Antillas menores? [Ellos] dicen que es igual en cuanto a los terremotos, pero no ocurren en el mismo sitio y digo “ok”. Pues, como científicas y científicos van a dejarlo como tipo uno o van a poner eso como tipo uno o tipo dos o A o B. O sea, el nombre que ellos le quieran dar. Eso no es tan importante; y ellos empiezan a entender cómo nosotros categorizamos datos concretos.

Entonces ellos presentan esto bien descriptivamente, encontramos que hay unas similitudes y estamos dándonos cuenta de que hay como unos patrones que podemos seguir donde ocurren todas estas cosas. La próxima pregunta es: ¿por qué ocurre esto, *just because*? O sea, solo porque sí, magia, ¿qué es lo que pasa? Y dicen: “no, esto tiene que ser porque hay unos procesos naturales que hacen que estos que esto ocurra? Ah, se me están parando los pelos porque ya me estoy imaginando lo que está pasando. Entonces los envió a la pizarra para que dibujen y ellos empiezan a notar que hay una zona donde la única manera de que un terremoto ocurra es porque las rocas se están rompiendo allá abajo a 600 km de profundidad. Entonces en este proceso también integro un poco, sin entrar en muchos detalles, por qué los terremotos ocurren porque las rocas fallan, verdad, hay fallas geológicas.

Por último, la profesora 1, experta de Educación, expresó que, en la presentación de los conceptos, en la actualidad, ella busca recursos que trascienden los libros. Puesto que, los libros se quedaron en lo plano, en una

imagen plana y ambos conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas son abstractos, por lo que amerita el uso de recursos que faciliten la explicación de estos conceptos. Por esto, ella recomendó el uso de plataformas como el *streaming* de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), el uso de simuladores como se presentan en la página de *PHET University of Colorado*. Cabe resaltar, que la profesora indicó que, para ella no existía ninguna diferencia entre un recurso digital o el uso del libro. Siguiendo la misma línea, la profesora indicó que, en el método didáctico, las imágenes, los libros y las explicaciones de textos pasan a un segundo plano en el proceso de enseñanza. Precisamente, ella expresó que se entiende mejor cuando las personas ven la realidad funcionando, más que leído. Por ese motivo, la profesora presentó lo siguiente:

Así que, yo ahora lo que tengo más en mi presentación, es que yo puedo tener el texto de presentación, tal vez de cuando yo empecé a dar el curso, o sea el texto, la deriva continental es esto o algo, pero el recurso que lo apoya es lo importante para mí; no es ese texto. O sea, las ciencias terrestres, cualquier disciplina en la que se diga “mira que esto lo estaba explicando yo hoy en mi clase”, me parece estar en mi salón de ahorita a los pre practicantes. Una estudiante me pregunta cómo es Profesora, por qué tú insistes tanto en que cada clase hay una presentación digital, mira mi respuesta: no, no, no; no es que la presentación digital, la presentación digital es el lugar donde tú vas a poner todos tus recursos didácticos, tecnológicos, si es que hay una diferencia, yo no la reconozco todos los recursos que tú necesitas para dar tu clase. No me empieces con la lámina, prohibido el orden es, y te lo digo por si acaso el orden es la realidad, si las rocas son reales tu empiezas con las rocas reales. Luego, pasas al video de esa realidad no es de muñequito, es de la realidad y este vídeo profesional. O sea, si yo tengo a la NASA desde la estación espacial presentándome la Tierra y está devolver, así que yo veo la felicidad y allá está el Sol y yo veo todo eso, eso va primero que la imagen, está esa después puedo pasar a foto, ese es el orden foto, foto real. Después, podría ir a diagrama, a dibujo y al final caricaturas, muñequito. Que los maestros lo hacemos al revés,

empezamos el inicio con muñequitos de la planta o de la roca y lo último si llega es el vídeo y es al revés, tú partes de la realidad.

Importancia acerca del dominio del tema por el maestro

En el aspecto acerca de la importancia acerca del dominio del tema por el maestro, los expertos en la materia y educación expresaron lo que ellos consideraron que un futuro docente debe dominar para ofrecer un curso que logre enriquecer el conocimiento de los estudiantes. Es decir, los conceptos que son medulares para que el docente adquiera el conocimiento necesario antes de ejercer en el aula escolar.

La profesora 3, experta en la materia, recomendó que los docentes deben tomar en consideración el contexto de tiempo y espacio, debido a que donde la persona esté en el planeta determina muchas cosas. La profesora 3 continuó expresando que en la geografía se enfatiza en el comportamiento humano, es decir, cómo el entorno de la persona lo afecta, cómo esa persona afecta a su entorno y cómo se adaptan las personas dependiendo de donde estén. Dado a que la profesora expresó que la perspectiva de una persona que vive en Puerto Rico no es la misma que una persona que vive en otra parte del mundo, siguiendo la misma línea, comentó que, inclusive, dos niños que vivan en Puerto Rico en zonas distintas, como, por ejemplo, uno en la montaña y la otra en la costa o zona playera, no tendrán la misma experiencia. Pues, precisamente, el estudiante de la montaña va a estar acostumbrado a cosas que tengan que ver con derrumbes o ha ido a un río, mientras que el de la costa no. Por eso, la profesora 3, también, indicó que es esencial moldear el curso de acuerdo con el

grupo que se tiene. Para esto, debe intentarse preguntar sus intereses para que los estudiantes noten la pertinencia de la clase. Además, la profesora 3 expresó que es importante conocer los lugares en donde estos sísmicos están ocurriendo con mayor frecuencia, para conocer el efecto que se puede desarrollar. Dado a esto, la profesora enfatizó que es fiel promotora que los docentes deben adaptar el curso al país, región, municipio y sector en el que esté ubicado, para que les dé pertinencia a estos conceptos.

Por otro lado, el profesor 5, experto en la materia, expresó que conocer las teorías es muy importante, aunque puede que mañana salga una teoría en contra y la anule; pero, esto será parte de estar al día al respecto de estas. El profesor expresó que de eso se trata el mundo de la ciencia, pues la ciencia no está expuesta o excluida de las teorías. Siguiendo la misma línea el profesor 5 expresó que había una importancia en conocer sobre el calentamiento planetario, ya que podría cambiar la relación entre las placas. En otras palabras, las fuerzas exógenas impactan a la fuerza endógenas, porque las placas tectónicas que son las que transmiten la fuerza desde el interior del planeta interactúan con las fuerzas exógenas que son las fuerzas en el exterior, como lo es el clima.

De igual forma, el profesor 5 recomendó que se debe razonar espacialmente, porque hay muchos mapas y documentos en las redes que no se utilizan. Por esto, él recomendó que se debe integrar estas destrezas en los cursos para la preparación de los futuros docentes: (a) uso de drones, para escanear la topografía; (b) el uso y manejo de brújulas; (c) la creación de mapas; y (d) tomar

la información y verla en el mapa. Asimismo, el profesor 5 expresó que hoy día hay grandes debates detrás de la enseñanza de la geografía y otras ciencias, con lo que se busca discernir qué es ciencia y que no lo es. Por tanto, el profesor 5 expresó lo siguiente:

Yo creo que lo que es bien importante para mí es que el estudiante vea que estas son teorías y no están escritas en piedra, que pueden cambiar. Y yo hago esto porque lo que yo quiero es que el estudiante cree la conciencia de que estamos viviendo en un planeta que hemos alterado, estamos alterando, pero no lo conocemos, no tenemos idea. Estamos, todavía teorizando cómo funciona el planeta. Esto es teoría, son teorías científicas chévere, sí, son ciencia, pero la ciencia todavía se está investigando. Falta mucho por investigar y yo creo que el que quiere estudiar tiene que estudiar para investigar.

De forma similar, el profesor 7, experto en la materia, expresó que, para entender la geografía es esencial entender los procesos básicos de la geología. Pues, sin ella no se logra entender la agricultura o la hidrogeografía o la climatología y los impactos humanos que se dan en esta. Además, este proceso ayuda en la explicación de los fenómenos naturales y las causas que conllevan en el medio ambiente, como lo son los terremotos poderosos o un tsunami. Dado a esto, el profesor expresó que es importante hacer la distinción de lo que es un fenómeno natural y los desastres. Así pues, el profesor expresó lo siguiente:

Desastre es la no preparación del ser humano ante eso, así que, también, en el ámbito de la vulnerabilidad, que también se trabaja mucho en los cursos que yo doy, la vulnerabilidad que tienen las sociedades humanas a fenómenos naturales. Y que, realmente, los fenómenos naturales son simplemente eso naturales, el desastre es que nosotros no nos preparamos bien, verdad. No tenemos forma de cómo preparar el embate de eso. Que es normal, que ocurran terremotos y pues es algo normal. No es un castigo de nada, verdad. Sí, digo uno quisiera que no ocurrieran, pero, dado a la posición, las cosas no son como uno quiere que ocurran.

La profesora 3, experta en la materia, recomendó que los conceptos que se vayan a enseñar a los futuros maestros no se hicieran de manera aislada, por lo que, el estudiante sea capaz de reconocer la relación que existe entre cada concepto. Dicho de otra forma, que cuando se fuese a discutir acerca de las placas tectónicas o la formación de los volcanes y las montañas, los estudiantes logren comprender que la formación no es eterna, sino que en esa roca ocurren procesos que van transformando la roca en otra distinta. Por ese motivo, la profesora 3 expresó que, luego de la explicación de cada proceso, ella establece una relación y se trae a la realidad, para que los estudiantes la asimilen y vean su pertinencia.

De forma similar, con la explicación de los volcanes y las montañas, el profesor 5, experto en la materia, expresó que era medular hablar de la importancia de la meteorización en los suelos. Dicho de otra manera, el profesor expresó que la meteorización era importante; puesto que, se produce suelo cuando se rompe una roca y se queda *in situ* el sedimento en una zona, dando paso a una capa de suelo. Además, el profesor expresó que, tanto la meteorización como la erosión son procesos muy importantes que se deben conocer, ya que ambas se encargan de la formación de suelo. Ahora bien, destacó que solo que la meteorización lo forma en zonas altas, mientras que la formación de suelo por la erosión se encuentra en las zonas bajas o en el fondo del mar. Conjuntamente, el profesor expresó que el conocimiento geográfico es fundamental para crear conciencia ambiental, y eso, a su vez, es fundamental

para preservar el ambiente en que se vive. En relación con esto, el profesor 5 expresó lo siguiente:

Eso es todo, así de sencillo es esa línea. Sin geografía, tú no puedes entender el ambiente si tú no creas conciencia del ambiente, no puedes preservar el hábitat donde vivimos. Así, es que yo lo veo y es lo que yo quiero: que estos muchachos van a ser educadores y lleven esto al salón de clases de manera lúdica.

Cabe resaltar, que el profesor 5 prestó mucha atención al asunto de considerar a las Antillas como un archipiélago, islas o un conjunto de islas. Así las cosas, él indicó que, para que sea un archipiélago debe haber islas del mismo tamaño de forma equitativa. Pero el profesor comentó que en el caso de Puerto Rico, Vieques, Culebra y Mona no son del mismo tamaño. Por ese motivo el profesor consideró que Puerto Rico en sí no era un archipiélago, pero que sí formaba parte de uno, como lo son las Antillas.

En contraste, a lo que se mencionó anteriormente, la profesora 1, experta de Educación, indicó lo siguiente respecto a los errores. Pues, el cerebro humano opera de forma que, lo que le sirve a alguien es lo que esa persona entiende como cierto. Puede que esto sea algo que le enseñaron, se lo inventó o fue un conocimiento adquirido por la cultura. La profesora 1, indicó que una persona tendrá ese pensar, hasta que se encuentre con algo con lo que se le demuestre que estuvo equivocada; si eso no ocurre, esa persona seguirá teniendo el mismo pensamiento. La profesora expresó que un conocimiento popular erróneo, será cierto hasta que no se le presente nada que lo contradiga. Por ese motivo, es que la profesora 1 expresó la urgencia de que los futuros docentes pasen por el

proceso de cambiar su manera de pensar, para que puedan presentar distintos recursos y, de esa forma, enriquecerán la enseñanza.

Por último, la profesora 1 expresó que, más allá de añadir cursos en el currículo del bachillerato, puesto que ella entiende que ya son demasiados, se deben integrar los temas protagónicos en la preparación de los futuros docentes. Siguiendo la misma línea, la profesora expresó que, al integrar estos temas protagónicos, serán representativos del contexto en donde se vive y ayuda a desarrollar todas las áreas del saber. Por eso, la profesora 1 mencionó lo siguiente respecto a los temas a integrar:

Así que los temas son medulares y por eso insisto en que deben ser integrados al currículo de preparación de maestros, integrados a los currículos de las escuelas, desde el nivel elemental. Si son o si se convierten en cursos particulares ahí podemos debatirlo, ahí podemos analizar porque nuestros programas de preparación de maestros son de los más altos en cantidad de créditos y no aguantan más cursos y todo es importante y no todo se tiene que enseñar por medio de un curso. O sea, si a mí me dejan los hago maestros de la ciencia y la ciencia terrestre a todos, pero esa no es la realidad. Así que, su rol es protagónico como tema, como curso pues esa es la limitación. Que habría que ver cómo se les da ese espacio y ese espacio se les da quitando algo que lo esté ocupando. Así que si tú quieres coger un curso de Ciencia Terrestre que coja todos los candidatos a maestro del nivel elemental.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Introducción

En este capítulo se presentan la discusión de los hallazgos, las conclusiones y las recomendaciones de esta investigación. Cabe resaltar que, en este estudio se usó un enfoque cualitativo, por lo que, se buscó describir e interpretar el fenómeno bajo estudio, mediante la información que se recopiló y el análisis de esta (Merriam & Tisdell, 2016). Por esta razón, el interés de este estudio cualitativo básico con modalidad exploratoria fue el de auscultar cómo los profesores universitarios enseñaban los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, basándose en sus experiencias como expertos en la materia o en el área pedagógica, y en cómo otorgan significado a estos conceptos.

En este capítulo se interpretan los hallazgos a la luz de las teorías y conceptos presentados en la revisión de la literatura. Además, este capítulo corresponde a la quinta etapa del modelo de Creswell y Guetterman (2019): la interpretación de los hallazgos, basada en el significado que los participantes otorgaron y en comparación con las indicaciones de teóricos y expertos sobre el tema. Luego, se presentan las conclusiones del investigador a partir de las preguntas de investigación. Además, se presentan las limitaciones metodológicas y las recomendaciones para estudios futuros. Finalmente, se ofrecen recomendaciones específicas basadas en los hallazgos de la investigación.

Discusión de los hallazgos

Luego del análisis de la información y organización de los hallazgos en la etapa anterior del modelo de análisis, se procedió a interpretar los hallazgos que se obtuvieron. Estos hallazgos se compararon con los planteamientos teóricos y la literatura que se revisó previamente y durante el proceso de la investigación. A raíz de esto, la interpretación de los hallazgos se basa en los siguientes elementos bajo estudio: (a) la estructuración del proceso de enseñanza de los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; (b) las recomendaciones para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; y (c) las recomendaciones para concientizar a los estudiantes y la relevancia e importancia de estos temas. Además, se argumenta acerca de las convergencias y divergencias entre los planteamientos de los participantes.

Estructuración del proceso de enseñanza de los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas: Prácticas y recursos específicos, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia del contexto puertorriqueño.

De acuerdo con los hallazgos que se relacionan con las prácticas y recursos específicos que deben utilizarse para la enseñanza del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, puede afirmarse que la enseñanza se debe estructurar y enriquecerse con estos; para favorecer el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido y promover un aprendizaje significativo. Es decir, que los futuros docentes, deben contemplar cómo será el proceso de enseñanza que implementarán y los recursos que utilizarán para complementar la enseñanza del ciclo de las rocas y las placas tectónicas; puesto que deben dominar lo que

enseñarán u cómo lo enseñarán. Al respecto, Vaillant y Marcelo (2021) sostuvieron que la formación de los docentes tiene el enorme compromiso de crear los contextos necesarios para que en el futuro estos docentes tengan el conocimiento y recursos necesarios para impartir una educación de excelencia. Cabe señalar que, en el capítulo anterior se elaboró una macrocategoría en la que se puso énfasis acerca de la discusión en torno a las estrategias de enseñanza y los recursos que los expertos entendían que debían ser medulares al presentar los temas.

Dado a esa elaboración, se puede reafirmar que, respecto a las estrategias para enseñar, los profesores participantes indicaron que los futuros docentes deben tomar en consideración el grado en que enseñan para así determinar con cuánta profundidad se puede presentar el tema y atemperarlo a los grados que imparten. También, estos dijeron que, se debe considerar el uso de la demostración de los conceptos en clase, por medio de la dramatización por parte del profesor o de la integración de los estudiantes para explicar los temas. Estos consideraron que los conceptos son muy abstractos como para dejarlos, simplemente, en una explicación verbal. Ruiz (2007) expresó que con el modelo de descubrimiento-investigativo se representa a los docentes que utilizan un elemento motivacional para el desarrollo de sus cursos.

De forma similar, al presentar un tema, se plantea una situación que se observe en su diario vivir o se elabora una historia sobre el mismo para llamar la atención del estudiante y alcanzar su interés. Esto es lo que se conoce como problematizar un tema; el énfasis está en que los estudiantes puedan observar

la pertinencia en sus vidas. Fernández et al. (2001) expresaron que plantear un problema acerca de un tema, buscando la integración de los estudiantes, es parte del modelo constructivista-reflexivo. Por medio de este, se busca que los estudiantes participen en una discusión grupal para que establezcan sus opiniones en torno al problema. Por ejemplo, como se mencionó en la exposición de hallazgos en el capítulo anterior, por medio de la integración del deporte (e.g., baloncesto) se captaba la atención de los estudiantes mientras aprendían de la geografía de Puerto Rico.

También, se enfatizó en la integración en clase de las presentaciones, como aquellas que se preparan con el recurso *PowerPoint*, diagramas, charlas, gráficos o el kit de rocas para facilitar la exposición de los temas y su entendimiento. Por eso, Yuksel, (2019) expresó que el método del inquirir es un enfoque educativo que enfatiza la integración de la tecnología como recurso para la implementación en los cursos. También, se puede integrar como estrategia para enseñar el uso de tizas de distintos colores para demostrar el proceso de la meteorización o intemperismo en la formación de las rocas. Cabe resaltar que, mientras más se domine el material que se desea presentar y los recursos didácticos que se implementarán en clase, el futuro docente tendrá la capacidad de profundizar más al momento de ofrecer el curso. A modo de resumen, para poder impartir una educación de primera a los estudiantes el docente debe utilizar diversas estrategias para enseñar, integrando actividades con las que le ayuden a aclarar las dudas que les puedan surgir a los estudiantes.

Continuando con la misma línea de pensamiento, los futuros docentes deben considerar las siguientes actividades como una base complementaria al curso. En otras palabras, el uso de un mapa en papel o digital, como es el mapa geológico de Puerto Rico de la *United States Geological Survey*, georreferenciado en conjunto con el *Google Maps* para aumentar el entendimiento topográfico de una zona. De esta forma, se ayuda a que los estudiantes determinen las formaciones geológicas de las distintas rocas dependiendo de la zona. De forma similar, una actividad que ayuda en el proceso de identificación de las distintas rocas es la de identificar una que se encuentre en su vecindario, dado a que ayuda a que ellos busquen información sobre las características de las rocas para que las puedan clasificar. Además, los futuros docentes pudieran utilizar la actividad de mitigar en caso de un terremoto, para que los estudiantes piensen cómo lidiar con la situación en el caso de que ocurra. Por último, todos los profesores participantes reiteraron que, una de las actividades que se debe integrar en los cursos es el viaje de campo, puesto que ayuda a visualizar el origen de algunas formaciones geológicas y facilita el entendimiento de algunos conceptos que los profesores enseñaron en clase. Esto coincide con las ideas de Stuckey et al. (2014), quienes indicaron que los profesores enseñan educación en ciencia, para que los estudiantes puedan afrontar las situaciones del diario vivir y tengan el conocimiento adecuado para lidiar con estas situaciones en la sociedad.

Los recursos que se deben contemplar como parte de la enseñanza de los conceptos, según los profesores participantes, son el uso de visuales, ya sea por

medio de una presentación, imágenes, dibujos o diagramas y simuladores. Esto se recomendó porque, como se mencionó antes, estos temas suelen ser muy abstractos, por lo que se deben integrar recursos visuales o informativos con los que se ayude entender los temas. Esto concuerda con las razones que Beam (2010) mencionó para utilizar esta estrategia, ya que con ella se promueve el aprendizaje por medio del uso de las distintas integraciones, entre ellas la lectura y las demostraciones en clase. Cabe resaltar, que los profesores participantes resaltaron el uso del video luego de presentar el tema, puesto que, también, ayuda a que los estudiantes puedan clarificar las dudas que presenten. Además, recomendaron el uso de páginas electrónicas como la de la Red Sísmica de Puerto Rico o la de *United States Geological Survey*, pues son páginas que los futuros docentes pueden complementar la clase. Los profesores participantes indicaron que en estas páginas se pueden encontrar datos sobre los movimientos sísmicos o literatura primaria que los estudiantes pueden leer de forma suplementaria a la clase.

Con los recursos que se mencionaron anteriormente se ayuda a entender de dónde surge el conocimiento sobre los temas del ciclo de las rocas y de las placas tectónicas. Además, como se indicó, el futuro docente tiene el rol importante de tener un conocimiento didáctico de ambos temas y saber cómo implementar los recursos al curso, para que estos sean una base complementaria (Vaillant & Marcelo, 2021). Por último, a los futuros docentes les corresponde moldear su enseñanza para que los estudiantes adquieran la enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, para esto pueden poner en contexto los

temas que se presentan en clase, atarlos con el diario vivir o elaborar con ellos situaciones en clase, tal que los estudiantes observen su pertinencia y promueva el pensamiento crítico para captar su atención. Al respecto, Velázquez et al. (2020) indicaron que con esta estrategia se ayuda a que los estudiantes se motiven a analizar, reflexionar, investigar y evaluar, dado a que, por medio de la situación que se les presenta, ellos se percatan del aprendizaje.

Enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas por los profesores

Conforme con los hallazgos acerca de la enseñanza de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, los profesores participantes reiteraron que la enseñanza de estos por medio de la aglomeración de distintos conceptos que juegan un papel muy importante y están relacionados entre sí. Cabe resaltar que, Prieto y Sánchez (2017) sostuvieron que las Ciencias se componen de un proceso de desarrollo y maduración en el pensamiento de los estudiantes. Por esto, se deben promover discusiones concretas en los cursos, tal que se aporten elementos teóricos para lograr evidenciar y fundamentar los conceptos presentados. Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (por sus siglas, UNESCO) (2016) concluyó que la ciencia debe convertirse en un bien compartido solidariamente en beneficio de toda la población. Puesto que, además, la ciencia constituye un instrumento poderoso para comprender los fenómenos naturales y sociales, de modo que, permite conocer mejor las complejidades que existen entre la sociedad y el mundo natural.

Por esta razón, los profesores participantes expresaron que, se debe comenzar enfatizando la explicación sobre la litosfera y las distintas capas que componen a la geosfera, para ayudar en la comprensión sobre que debajo de la corteza hay un suelo flotante que se encuentra entre la corteza terrestre y el manto. Dado a esa explicación, los expertos indicaron que acostumbraban a comenzar con la enseñanza sobre los antecedentes históricos en el campo del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Además, integraban a los teóricos, sus postulados y lo que hayan aportado al campo, como lo son Alfred Wegner y Alexander Toit. En efecto, con los conceptos teóricos que desarrolló Alfred Wegner (1915) se da lugar a la deriva continental y los movimientos de los continentes y a la explicación de cómo ocurren los movimientos de las placas y a qué se deben. Continuando con esta línea de pensamiento, en la enseñanza de los conceptos acerca de los movimientos de las placas se debe exponer en torno a la formación de las montañas, los océanos y las islas. Cabe resaltar que, en la discusión de las teorías, se debe destacar la formación de Puerto Rico, con la interacción entre las placas norteamericanas y del Caribe y cómo a través de estas teorías se explican los mitos que se asocian con la actividad sísmica.

Por otro lado, se reafirmó que, en la enseñanza de estos conceptos, los futuros docentes deben utilizar un instrumento geográfico, como lo es un mapa, para la discusión sobre los análisis espaciales y de distancia. También, en el ámbito del análisis espacial los conceptos de las coordenadas geográficas son esenciales para una mayor comprensión. La discusión se centra en la relación entre la distancia entre las áreas y los tipos de suelo presentes, así como en la

distribución de su calidad, con el fin de comprender cómo estos factores influyen en la distribución de las diferentes clases de suelo.

Así las cosas, en la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas los profesores participantes sostuvieron que, se debe otorgar énfasis en el proceso de la formación de las rocas. Estos indicaron que se debe departir sobre la relación que hay entre los elementos y las rocas. Dado a que la unión de los elementos actúa en el proceso de formación de los minerales y rocas. Además, en este proceso de la enseñanza se debe razonar en torno a cómo se forman las rocas a partir de los elementos y qué tipo de interacción obtienen. Por último, es importante mencionar que los temas sobre la formación de rocas a partir de la unión de elementos facilitan la comprensión de procesos relacionados con la hidrología, como la meteorización o intemperismo, erosión y el transporte de sedimentos.

Recomendaciones de los profesores para la enseñanza de los conceptos de las placas tectónicas y el ciclo de las rocas

De acuerdo con lo que recomendaron los profesores participantes para la enseñanza de los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, los expertos reiteraron que la enseñanza dependerá del concepto que se esté enseñando. Es decir, que para el ciclo de las rocas los profesores otorgaron un mayor énfasis a unos conceptos que a otros y lo mismo ocurrió con el tema de las placas tectónicas. Así pues, los profesores expresaron que la enseñanza de estos conceptos se debe completar de una manera holística con el método interdisciplinario. Esto se debió a que los profesores entendían que los futuros

docentes deben conocer un poco de todos los conceptos para que puedan profundizar sobre los temas al momento de enseñarlos. Por eso Vaillant y Marcelo (2021) sustentaron que, los futuros docentes deben incluir en las clases contenido interdisciplinario, para que los docentes puedan adaptar el conocimiento adquirido a tenor a la población que tengan presente.

En consecuencia, los profesores participantes indicaron que, en la enseñanza del ciclo de las rocas, uno de los conceptos a los que hay que otorgar énfasis es en la climatología o el proceso hidrológico, al igual que se mencionó en el epígrafe anterior. Esto se debe a que la meteorización o intemperismo, la erosión y el transporte completan una parte crucial en el proceso de formación de las rocas. Dicho de otra forma, los procesos hidrológicos son los que se encargan de transformar las rocas con el paso de los años para que se forme otra distinta. De la misma forma, luego de las actividades volcánicas, las cuencas hidrográficas y los ríos fueron tomando forma, por el proceso climatológico. Por tanto, cabe resaltar que, en la discusión del ciclo de las rocas y los procesos climatológicos, se debe otorgar énfasis en la formación de la roca sedimentaria, ya que se relaciona con los procesos hidrológicos directamente y con cómo ellos forman un tipo de roca nueva. Es importante dejar ver que, a este aspecto hidrográfico se asocia la formación de la roca caliza en Puerto Rico. Puesto que, esta es una roca sedimentaria que se encuentra en la zona del carso norteño. Por esto, los profesores participantes indicaron la importancia de esa roca en la formación del sistema de cuevas, parte de esa zona de Puerto Rico.

Por otra parte, los profesores participantes enfatizaron que como parte de la enseñanza de los temas se debe discutir los conceptos de la deriva continental y las teorías que se asocian con los movimientos de las placas tectónicas. Igualmente, los profesores recomendaron que en la enseñanza de las placas tectónicas no tan solo se debe discutir sobre la deriva continental, sino que se debe profundizar en el análisis histórico de cómo se han desarrollado los conceptos de las placas y cómo teorizó en la historia sobre la separación de las tierras por medio de los años, por ejemplo, el *polar wandering curve*. También, los profesores recomendaron otorgar énfasis en la explicación de cómo surgen los afloramientos de la tierra en el proceso de las formaciones de montañas y como los distintos tipos de movimientos de las placas son los que forman los distintos territorios en el planeta. Al respecto pueden traerse a colación las palabras de Park (2019), quien afirmó que es necesario formar docentes para que, cuando ejerzan en el magisterio, sean de alta calidad y competentes para enseñar todos los conceptos de la ciencia.

Asimismo, otro de los conceptos que los profesores participantes otorgaron énfasis en la comprensión de los futuros docentes es el proceso de la meteorización y la erosión, ya que estos procesos son importantes para producir un suelo nuevo, por medio de la ruptura de las rocas. Además, los profesores otorgaron énfasis a los conceptos que se asocian con el razonamiento espacial, para mejorar el dominio de la distribución de terrenos. Por esto, se recomendó la integración de un curso o taller en el que se utilicen drones para escanear la

topografía en las zonas estudiadas y que los estudiantes practiquen la geografía lúdica o el manejo de una brújula.

Ahora bien, al igual que se indicó en la exposición de hallazgos en el capítulo anterior, los profesores participantes indicaron que, en Puerto Rico, en comparación con otros países, no se ha tenido una gran exposición a este tipo de fenómeno natural (i.e., a la formación de rocas y al movimiento de las placas tectónicas). Por esta razón, aquí la alfabetización científica es muy escasa en estos temas. Como consecuencia, algunos profesores expresaron que, mientras más un país es vulnerable a un problema, se está más consciente de cómo prepararse. Por último, al igual que con los conceptos del ciclo de las rocas, los profesores recomendaron conectar los conceptos con la vida de los estudiantes y atemperar el nivel de profundización dependiendo del grado que se presente. Esto concuerda con las ideas de Vaillant y Marcelo (2021), quienes mencionaron que los docentes deben aprender más y mejor acerca de las características y necesidades que puedan presentar los estudiantes y adaptar el método para enseñar a tenor con estas.

Recomendaciones para concienciar a estudiantes en torno a la relevancia de conocer acerca de estos temas y conceptos

De acuerdo con los hallazgos, las recomendaciones de los profesores participantes acerca de concienciar en torno a la relevancia de conocer acerca de los temas y conceptos, se puede reiterar que se enfatizó en: (a) la necesidad de un conocimiento amplio acerca de las distintas teorías; (b) la revisión del conocimiento previo que presentan los estudiantes; (c) las actividades de los

viajes de campo; (d) el relacionar los temas con las actividades o talleres que fomenten el desarrollo profesional en los docentes; (e) la integración de recursos digitales como lo son los *streaming* (e.g., Netflix o Prime) y el cable; (f) problematizar el tema; y (g) tener una educación interdisciplinaria. Asimismo, los profesores indicaron que, para aplicar los recursos o las actividades anteriores en la enseñanza de los temas bajo estudio, los profesores recalcaron que deben dominar las teorías acerca de la formación de las rocas y las placas tectónicas. Al respecto, Marcelo y Vaillant (2009) sostuvieron que los docentes deben discernir a qué conceptos le otorgan mayor énfasis durante el proceso de enseñanza, pero para ello el docente debe tener un dominio y conocimiento amplio de lo que se enseñará, para que pueda utilizar los recursos necesarios para guiar a los estudiantes.

No obstante, los profesores indicaron que, más allá de tener un dominio y conocimiento amplio acerca de las teorías de ambos temas, es saber cómo aplicar estas al contexto de Puerto Rico. Puesto que, se busca que los docentes sean capaces de explicar los fenómenos que ocurren aquí y que esas bases teóricas sean vigentes con la actualidad, ya que las teorías cambian por medio del tiempo y, también, los fenómenos a los que se exponen las personas. Así pues, cabe destacar que Mosquera et al. (2019) sostuvieron que, no cualquier docente con grado académico puede impartir una enseñanza científica de manera efectiva, ya que todo dependerá de los aspectos didácticos y pedagógicos con los que cuente el docente.

Por otro lado, los expertos afirmaron que los docentes deben indagar qué conocimiento poseen los estudiantes previos a ofrecer los temas, para poder conocer las áreas que necesitan mayor refuerzo. Conjuntamente, se deben conocer los puntos en los que los temas convergen para poder relacionar la geología, el ciclo de las rocas y las placas tectónicas a otros temas. Por ese motivo, los profesores indicaron que se debe encaminar la educación en clase a la educación interdisciplinaria. En virtud de que una educación dirigida en lo interdisciplinario forma a un docente que tenga un conocimiento más holístico; y por consiguiente que sea capaz de entender las complejidades de la ciencia y no sobre un solo tema en específico. Por este motivo, se resaltó que se debe evitar la “hiperespecialización”⁴, ya que se limita a lo que el docente puede comunicar de las otras disciplinas. A su vez, esto influye en la manera en que los docentes transmiten la información a los estudiantes, permitiéndoles desarrollar un pensamiento crítico sobre los temas. Esto concuerda con Prieto y Sánchez (2017) quienes afirmaron en las ciencias naturales se integra todo un proceso de desarrollo y maduración en el pensamiento de los estudiantes, pues se deben promover discusiones concretas con las que se aporten elementos teóricos-prácticos y se logre evidenciar relaciones necesarias y fundamentales.

Por otra parte, en relación con lo que se ha mencionado, los profesores participantes reiteraron que, otro asunto relevante para poder concienciar a los estudiantes en torno a la importancia de estos temas es participando

⁴ Se refiere a especializarse en un área y así, descuidar el aprendizaje de otras áreas aplicables o relacionales.

activamente de actividades de desarrollo profesional y talleres que puedan continuar enriqueciendo el conocimiento holístico en estos temas, incluso mientras se está en la preparación universitaria (i.e., antes de ejercer como docente). Así, podría lograrse la alfabetización científica en los ciudadanos puertorriqueños, comenzando por los futuros docentes. Pues, no hace falta añadir cursos al programa de bachillerato, sino que por medio de talleres acerca de temas ambientales en lo que se discutan los distintos aspectos relacionados a la vulnerabilidad que se observa en Puerto Rico, se puede capacitar a los futuros docentes para que entiendan las cosas que les afectan y sean capaces de explicarlas. Por eso, Lacueva (2014) indicó que la implementación pedagógica no solo describe o explica los conceptos presentados en clase. Para eso se debe fomentar que futuros docentes participen en actividades formativas diversas, más allá de las académicas.

Por último, los profesores participantes recalcaron que la otra forma en que se puede concienciar a los estudiantes en estos temas es con la integración de distintos recursos en clase. Cabe resaltar, que la implementación de la problematización de temas que están sucediendo y que sean relevantes para los estudiantes contribuye grandemente a atraer a los estudiantes a que quieran conocer más sobre estos. Asimismo, debe propiciarse el uso de los distintos recursos digitales, como los que se mencionaron anteriormente en este capítulo, al igual que el uso del dibujo y la lectura de fuentes primarias. Además, los profesores destacaron que, durante la discusión de los temas del ciclo de las rocas, no se debe otorgar tanta importancia a la clasificación de las rocas, sino

que, más bien, al aspecto físico que ocurre durante la formación de estas. De la misma forma, los profesores indicaron que hay que otorgar relevancia a los procesos que completan la meteorización y la erosión de las rocas. O sea, se recomienda el dominio de los temas por el futuro docente, tal que pueda dirigir el proceso de enseñanza y aprendizaje y llevar a los estudiantes a concienciarse de la importancia de conocer los temas. No obstante, esto no se puede lograr si el conocimiento del docente es limitado.

Importancia acerca del dominio del tema por el maestro

Conforme con los hallazgos se puede ratificar que, un aspecto que los profesores indicaron que era importante, como parte del dominio del tema, es que los futuros docentes atemperen sus cursos de acuerdo con el grupo o población que tienen ese año escolar e intentar asociar los temas a sus intereses. Por ese motivo, como se mencionó anteriormente, el docente debe tener un alto dominio de las teorías y los conceptos para que sea capaz de adaptar los temas que se discuten en los cursos, dependiendo incluso del país, región, municipio o sector en donde estén ubicado sus estudiantes. Es decir, que el docente debe considerar el tiempo y espacio donde viven, ya que eso determina lo que se debe enseñar. Por esto, el docente debe conocer los lugares que han ocurrido distintos fenómenos naturales, entre ellos, los eventos sísmicos. Esto concordó con los que Boarini et al. (2020) afirmaron acerca de que la ciencia debe concebirse como una a base de hechos que permiten describir la realidad educativa como un asunto social, pues se pone énfasis en la descripción de sus causas físicas y observables.

Por último, otro aspecto que los profesores participantes reafirmaron fue respecto al entendimiento de la geografía. Precisamente, los profesores indicaron que su conocimiento es esencial para comprender los procesos básicos de la geología. También, se debe conocer cómo este campo ayuda a entender otros que se asocian con la geología como lo son: la agricultura, la climatología y la hidrografía. Por eso, los expertos indicaron la importancia de que los docentes evidencien su dominio mediante una enseñanza interdisciplinaria y no aislada. Al respecto, Verdugo-Perona et al., (2017), a partir del pensamiento de Shulman (1987), expresaron que el conocimiento didáctico del contenido que presenta un docente deben ser una fusión entre el contenido de la materia y el conocimiento pedagógico para instruir a los estudiantes, utilizando diversas habilidades o destrezas en clase.

Conclusiones

Para establecer las conclusiones de esta investigación, se regresó a las preguntas de investigación específicas. De esta forma, las afirmaciones conclusivas se dirigirán a lo que se esperaba contestar mediante el proceso investigativo. Es importante mencionar que las conclusiones se representarán por medio de viñetas con un breve razonamiento en torno a estas. De esta forma, se hace más pertinente y entendible lo que se presenta.

¿Qué estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas recomiendan los expertos en educación científica y en ciencias ambientales?

Las conclusiones en torno a esta pregunta son las siguientes:

- Las estrategias para enseñar deben basarse en representaciones visuales y concretas en torno al conocimiento específico, debido a la complejidad de los temas.
 - En estas estrategias se integran recursos diversos que complementan las explicaciones, pero deben tener base en la demostración y ejemplificación en clase. De esta forma, se prepara un plan de actividades con el propósito de resolver los problemas que se presentan en clase (Ruiz, 2007).
- La enseñanza debe tener una secuencia lógica para que los estudiantes observen lo relevante y pertinente que son los temas para su vida diaria.
 - Estas estrategias se relacionan con el modelo constructivista-reflexivo, pues los docentes deben plantear un problema sobre un tema y los estudiantes participan por medio de una discusión socializada, estableciendo sus opiniones y proporcionando información (Fernández et al., 2001).
 - Asimismo, se relacionan con la problematización, que tiene propósito de encontrar la solución al problema con centro en los estudiantes. Puesto que solo los docentes guían a los estudiantes a investigar, reflexionar y decidir por su propia cuenta lo que necesitan hacer para lograr el objetivo y desarrollan conceptos y destrezas acerca de ese tema previsto (González et al., 2016; Mendes & Farias da Silva, 2018).

- Los docentes deben atemperar los temas que se discutirán en la clase utilizando la integración de distintas estrategias y de esa forma se enriquecerá los cursos de la clase.
 - Para esto, se debe comenzar por determinar qué los estudiantes saben sobre cada tema. De esta forma, los docentes promueven confrontaciones constantes en diferentes situaciones, entre lo que ya se sabía y la nueva información, con el objetivo de desarrollar la concientización del tema que se discuta (Ruiz, 2007).

¿Cómo comparan las estrategias recomendadas para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, desde la perspectiva de la utilidad para educar en torno a estos temas?

Las conclusiones en torno a esta pregunta son las siguientes:

- Los profesores expertos en la materia pusieron énfasis en el contenido y el aspecto secuencial de estos.
 - Las estrategias que recomendaron se diferenciaron en el uso de recursos para entender el contenido en sí y dirigir el aprendizaje de este. Uno de los recursos básicos fue el libro de texto acerca de geología y geografía, pues es la base para entender lo demás. Asimismo, se centró el pensamiento en representar los contenidos con apoyo de recursos como el kit de rocas, mapas y explicación de procesos naturales de base (e.g., el ciclo del agua).
- Los profesores expertos en educación pusieron énfasis en el cómo presentar los temas desde la experiencia como medio para el aprendizaje de los estudiantes y el nivel en que se enseña.

- El énfasis en la experiencia se basa en revisar lo que se conoce acerca de los temas, observar el medioambiente cercano al contexto escolar y tener en cuenta el nivel de enseñanza para ajustar el proceso educativo.
- Tanto los profesores expertos en la materia como los expertos en educación coincidieron en la relevancia de las demostraciones y simulaciones en clase y los viajes de campo.
 - Es decir, que la enseñanza de estos temas debe apoyarse en recursos de tipo visual y hacer parte a los estudiantes del proceso educativo en clase para poder captar su atención de estos. Respecto a los viajes de campo, fue una estrategia con la que se puede comprender mucho lo que se enseña en clase, ya que se observan desde y en la naturaleza.

¿Qué recursos didácticos sirven para complementar la especificidad de las estrategias para enseñar los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?

Las conclusiones en torno a esta pregunta son las siguientes:

- Los recursos didácticos que se recomendaron para complementar las estrategias para enseñar fueron de corte visual, tal que se ejemplifica o concretice lo que se explica.
 - Entre los recursos didácticos se resaltó el uso de: presentaciones en plataformas en líneas; imágenes o diagramas; videos; demostraciones y simulaciones; presentaciones con el kit de rocas; dibujos con tizas de distintos colores; mapas en papel o digitales; y otros organizadores gráficos.

- Otro recurso relevante para complementar la enseñanza fue la integración de situaciones atemperadas a los estudiantes.
 - El docente debe servirse de los recursos que estén a la mano del contexto escolar y la comunidad.
- El uso de literatura primaria y los viajes de campo fueron dos recursos que se consideraron como esenciales para completar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
 - A pesar de que todos los demás recursos que se mencionaron sirven como base complementaria para enseñar los conceptos, los profesores participantes coincidieron en que hay que leer literatura primaria para acceder al conocimiento directamente y actualizarlo. Asimismo, estos pusieron énfasis en el uso de los viajes de campo, pues entendían que es uno de los recursos más importantes, porque con ellos se ayuda a los estudiantes a comprender mejor los conceptos que se explican en clase.

¿Qué puede recomendarse a los futuros maestros de Ciencias para concretizar la estructura para guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, para fomentar el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido?

Las conclusiones en torno a esta pregunta son las siguientes:

- Para poder fomentar el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido, los futuros docentes deben tratar de formarse más allá de los cursos que se les facilitan como parte de su programa académico.
 - Debe participar de talleres diversos acerca de los temas que pudieran enseñar en el futuro, de congresos de contenido climático, formaciones

autodirigidas y participar de actividades para conocer el medioambiente por sí mismo. Con esto se podrá desarrollar el “cómo enseñar” y “qué utilizar para complementar la enseñanza”. Esto es lo básico para comenzar a desarrollar el conocimiento didáctico que necesita para desempeñarse mejor como docente.

- El futuro docente debe obtener, de distintas maneras (e.g., cursos académicos, talleres u otro tipo de actividades formativas) el mayor dominio posible de las teorías y conceptos que se asocian con la formación del ciclo de las rocas y las placas tectónicas.
 - Es decir, el futuro docente debe dominar estas teorías y debe conocer cómo explicarlas: la formación de las rocas; la transformación de estas a los otros tipos de rocas; los procesos de la creación de las islas, montañas y volcanes y su relación con el movimiento de las placas tectónicas; y la relación entre la climatología o el proceso hidrológico con el ciclo de las rocas.
 - Según lo que indicaron los profesores participantes, el proceso hidrológico cumple un rol muy importante en el proceso de la formación de las rocas, debido a la meteorización o el intemperismo, la erosión y el transporte de los sedimentos que se encargan de la formación de una roca nueva.
- El futuro maestro debe comprender el origen de las rocas y su relación con los elementos.

- Debe comprender que las rocas están formadas por distintos minerales, ellos a su vez están formadas por los elementos de la tabla periódica. Por lo tanto, los futuros docentes deben comprender que los elementos participan en la formación de los distintos minerales. Ahora bien, en clase no se debe dar tanta importancia a las clasificaciones, sino a los procesos que se dan como parte del ciclo de las rocas.
- Finalmente, el futuro docente debe dominar la vulnerabilidad que se puede presentar en Puerto Rico, debido a la ubicación de la Isla.
 - Es decir, al igual que se indicó al principio de la investigación, Puerto Rico está situado en una zona sísmicamente activa, debido a su posición en el planeta. Por tanto, los futuros docentes deben tomar las charlas en las que se integren conocimientos sobre cómo se puede mitigar la situación y qué tipo de acciones se deben tomar. Esto le permitirá que, al entrar en estos asuntos en el proceso de enseñanza, pueda concienciar en torno a lo que necesita saberse al vivir en un lugar como este.

Limitaciones metodológicas de la investigación

A pesar de haber completado el proceso investigativo con éxito, cumpliendo con la transparencia cualitativa, se exponen las limitaciones metodológicas de esta investigación:

- Hubo falta de diversidad de expertos en el campo de educación. Es decir, en el proceso de búsqueda de expertos de la materia y educación que participaran en el proceso de entrevista. Por ese motivo, no se logró alcanzar el punto de saturación de las respuestas en este campo.

- Cabe resaltar que, debido a la limitación de expertos de educación no se pudo obtener una comparativa sólida entre las recomendaciones de los expertos en la materia y en educación.
- Durante el proceso de entrevista no se logró completar una de estas y tampoco se pudo coordinar otra cita para culminar las preguntas de la entrevista, a pesar del esfuerzo por parte del investigador.

Líneas futuras de investigación

Durante el proceso investigativo surgieron temas para investigar que, por no ser parte del énfasis de esta investigación no se examinaron. Por tanto, de estos temas surgieron las líneas futuras de investigación siguientes:

- indagar en torno a la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas en otras instituciones de educación superior en las que se forme a futuros docentes de Ciencia, sean estas públicas o privadas;
- explorar sobre el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas desde la perspectiva de los docentes de Ciencia que ejercen el magisterio, ya sea en el sector público o privado; y
- auscultar de forma más profunda cómo el ciclo hidrológico se relaciona y afecta el ciclo de las rocas y las placas tectónicas, desde la perspectiva de la enseñanza de las Ciencias Terrestres y Ambientales.
- auscultar cualitativamente de forma más profunda cómo el ciclo hidrológico se relaciona con y afecta al ciclo de las rocas y las placas tectónicas, desde la perspectiva de la enseñanza de las Ciencias Terrestres y Ambientales en el contexto formativo universitario;

- explorar cualitativamente en torno a la enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas en otras instituciones de educación superior en las que se forme a futuros docentes de Ciencia, sean estas públicas o privadas;
- realizar un estudio fenomenológico en torno a la experiencia formativa que reciben los futuros maestros de Ciencia, tanto del nivel elemental como del secundario;
- efectuar un estudio de caso, con modalidad múltiple, acerca de la formación de futuros maestros de Ciencia en diferentes recintos de la Universidad de Puerto Rico;
- indagar sobre el tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas desde la perspectiva de los maestros de Ciencia que fungen como tales, ya sea en el sector público o privado, por medio de un diseño de métodos mixtos convergente, tal que se cuantifique y profundice en torno a las estrategias para enseñar; y
- llevar a cabo un estudio comparativo acerca de la percepción del desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en torno a los temas bajo estudio.

Recomendaciones desde los hallazgos

Como parte de los hallazgos surgieron recomendaciones diversas y aplicables a los contextos específicos en el que se forman y desempeñan los futuros docentes de Ciencia respecto a la alfabetización científica en los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. A continuación, se presentan las recomendaciones específicas:

Para los maestros de Ciencia

- Al igual que se indicó en la investigación los docentes deben participar en charlas, simposios o talleres como parte de su educación continua en estos temas.
- Asimismo, los docentes implementar el uso de estrategias diversas en sus cursos escolares, complementadas con recursos didácticos diversos, en los que se resaltan los viajes de campo como recurso medular.
- Pueden visitarse lugares como:
 - **Interior montañoso:** Aguas termales en Coamo
 - **El carso Norteño:** Cavernas de Camuy
 - **Los llanos costaneros:** Cabezas de San Juan en Fajardo
- También, deben incluir charlas de recursos externos en el salón de clases que discutan los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas para que tengan otra perspectiva en clase.
- Además, se pueden motivar para realizar investigación en acción respecto a la concienciación de los estudiantes respecto al tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas.

Para la formación de futuros maestros de Ciencias

- Incluir como parte del currículo de los futuros docentes el curso introductorio de Geografía.
- Animar en los futuros docentes a utilizar la problematización como estrategia para enseñar, tal que se capte la atención de los estudiantes.

- Avivar la participación de los futuros docentes en actividades con las que puedan desarrollar en conocimiento pedagógico necesario para enseñar estos temas, más allá de los cursos académicos.
- Fomentar talleres o charlas dirigidos a los futuros docentes en las que se discuta acerca de la vulnerabilidad que enfrenta Puerto Rico a causa de algunos fenómenos naturales y cómo concienciar acerca de esto al estudiante puertorriqueño.
- Propiciar el ofrecimiento de talleres o charlas dirigidos a los futuros docentes en las que se discuta acerca del desarrollo de un plan de mitigación ante fenómenos naturales, particularmente de los sismos y así desarrolle alfabetización científica respecto a estos temas.

REFERENCIAS

- Alkis-Kucukaydin, M. (2019). Concept teaching in science classrooms: A critical discourse analysis of teachers' talk. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 5(2), 209-226. DOI:10.21891/jeseh.568813
- Beam, M. E. (2010). *A comparison of didactic and inquiry teaching methods in a rural community college earth science course*. 1-124.
<https://biblioteca.uprrp.edu:2085/docview/846743620?accountid=44825>
- Bergoeing, J., & Protti, M. (2009). Tectónica de placas y sismicidad en América central. *Revista Geográfica*, 1-17.
- Boarini, M., Portela, A., & Di Marco, M. (2021). Transformation of the assessment of the quality of educational activities and training of future science teachers in the context of the pandemic. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(10), 1-12.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/11180>
- Camaño, M. (2018). Drift theory and plate tectonics: A case of embedding in geology. *Found Sci*, 23(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10699-016-9505-8>
- Cornejo del Carpio, M. (2019). Técnicas conductuales en la disminución de conductas disruptivas en niños del centro infantil y la familia. *Universidad César Vallejo*.
- Cortial, Y., Peytavie, A., Galin, E., & Guérin, E. (2019). Procedural tectonic planets. *Eurographics*, 38(2) 1-12. <https://doi.org/10.1111/cgf.13614>

- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Pearson.
- Creswell, J., & Guetterman, T. C. (2019). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6th ed.). Pearson.
- Creswell, J., & Poth, C., (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publishing.
- Departamento de Educación de Puerto Rico. (2012). *Reglamento de certificación del personal docente de puerto rico que deroga el reglamento núm. 8146*.
<https://de.pr.gov/wp-content/uploads/2022/02/reglamento-de-certificacion-de-personal-docente-de-puerto-rico.pdf>
- Dolphin, G. (2008). Evolution of the theory of the earth: A contextualized approach for teaching the history of the theory of plate tectonics to ninth grade students. *Sci & Educ.* 18(3), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9136-0>
- Ecoexploratorio museo en Puerto Rico (2020). *¿Qué son los terremotos?*
<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/terremotos/que-son-los-terremotos/>
- Ecoexploratorio museo en Puerto Rico (2020a). *¿Qué es un Tsunami?*
Ecoexploratorio museo en Puerto Rico (2020).
<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/tsunami/que-es-un-tsunami/>

Ecoexploratorio museo en Puerto Rico (2020b). *¿Qué son los Terremotos?*

Ecoexploratorio museo en Puerto Rico (2020).

<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/terremotos/que-son-los-terremotos/>

Ecoexploratorio museo en Puerto Rico (2020c). *Terremotos en Puerto Rico.*

<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/terremotos/terremotos-en-puerto-rico/>

Eddif, A., Tourir, R., & Majdoubi, H. (2015). The initial conceptions for earthquakes phenomenon for moroccan students of the first-year secondary college. *Journal of Education and Practice*, 6.

el nivel elemental. *Actualidades Investigativas en Educación*, 16(3), 1-35.

<https://doi.org/10.15517/aie.v16i3.26063>

Eppinga, M., De Scisciolo, T., & Mijts, E. (2019). Environmental science education in a small island state: Integrating theory and local experience. *Environmental Education Research*, 25(7) 1-16.

<https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1552248>

Fernandez-Rio, J., Cechini, J., Morgan, K., Mendez-Gimenez, A. & Lloyd, R.

(2022). Validation of the cooperative learning scale and cooperation global factor using bifactor structural equation modelling. *Psicología Educativa*, 28(2)1-9. <https://doi.org/10.5093/psed2021a2>

Fernández, J., Elortegui, N., Rodríguez, J., & Moreno, T. (2001). Modelos didácticos y enseñanza de las ciencias.

- García, N. & Martínez, L. (2015). Alfabetización científica y tecnológica de jóvenes y adultos. *Praxis & Saber*, 6(11) 1-29.
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2012). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (10th ed.). Pearson.
- González, A., Figarella, F. & Soto, F. (2016). Aprendizaje basado en problemas para desarrollar alfabetización crítica y competencias ciudadanas en
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista- Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6th Ed.). McGraw Hill Education.
- James, A., Beni, S., Stears, M. (2019). Teaching science in the foundation phase: Where are the gaps and how are they accounted for? *South African Journal of Childhood Education*. 9(1), 1-9.
- Johnson, D. & Johnson, R. (2019). ¿Qué es el aprendizaje cooperativo? *Centro de Aprendizaje Cooperativo*, 1-17.
- Kapp, J.L., Slater, T.F., Slater, S.J., Lyons, D.J., Manhart, K., Wehunt, M.D., & Richardson, R. M. (2011). Impact of redesigning a large-lecture introductory earth science course to increase student achievement and streamline faculty workload. *Journal of College Teaching & Learning*, 8(4) 1-14.
- Kim, P., Suh, E., & Song, D. (2015). Development of a design-based learning curriculum through design-based research for a technology-enabled science classroom. *Education Tech Research Dev*, 63(1) 1-29.
<https://doi.org/10.1007/s11423-015-9376-7>

- Lacueva, A. (2014). Theory and practice in a science education course for elementary teachers. *Educational Action Research*, 22(2) 1-26.
<https://doi.org/10.1080/09650792.2013.869182>
- Lee, T. D., & Glass, B. (2019). Developing the next generation of elementary science teachers. *Journal of College Science Teaching*, 49(2), 18–23.
- Levy, B., Oliveira, A., & Harris, C. (2020). The potential of “civic science education”: Theory, research, practice, and uncertainties. *Science Education*, 105(1), 1-24. <https://doi.org/10.1002/sce.21678>
- LoPresto, M.C., Ford, H., & Slater, T.F. (2016). A new comparison of active learning strategies to traditional lectures for teaching college astronomy. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education*. Vol. 3(1), 1-19.
- Louise-Moss, E. (2012). *Assessing understanding of the nature of science and science self-efficacy in undergraduates involved in research in an introductory geology course*. 1-114. <https://doi.org/10.31274/etd-180810-2110>
- Lucca Irizarry, N., & Berríos Rivera, R. (2009). *Investigación cualitativa: Fundamentos, diseños y estrategias*. Publicaciones SM.
- Marcelo, C. (2001). Aprender a enseñar para la Sociedad del Conocimiento. *Complutense de Educación*, 12(2) 1-63.
- Marcelo, C., & Vaillant, D. (2009). *Desarrollo profesional docente: ¿Cómo se aprende a enseñar?* Narcea S. A. de Ediciones
- Mateu, M. (2005). Enseñar y aprender ciencias naturales en la escuela. *Fuente Tinta Fresca*, 1-5.

- McMillan, J. H. (2016). *Fundamentals of educational research* (7th Ed.). Pearson.
- Meléndez, L (2020, febrero 3). *Marcada la ansiedad a raíz de los terremotos*. Activo. <https://activopr.com/enterate/2020/02/03/marcada-ansiedad-a-raiz-los-terremotos.html>
- Mendes, I. A., & Farias da Silva, C. A. (2018). Problematization and research as a method of teaching mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*. 13(2), 1-15. <https://doi.org/10.12973/iejme/2694>
- Meriam, S. B., & Tisdell, E. L. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Mohadjer, S., Bendick, R., & Halvorson, S. (2010). Earthquake emergency education in dushanbe, tajikistan. *Journal of Geoscience Education*, 58(2), 86-94.
- Molinelli-Freytes, J. (2020, enero 4). El geólogo José Molinelli Freytes desmiente audio que alega una futura catástrofe sísmica. *Nuevo Día*. <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/elgeomorfologojosemolinnellifreytesdesmienteaudioquealegaunafuturacatastrofesismica-2538786/>
- Molinelli-Freytes, J., Hernández, A., & Ríos, M. A. (1990). *Cómo protegerse en caso de un terremoto*. https://drive.google.com/file/d/1K9srgNEEBiCC-q6h99ueGUaNJsr0Bo7R/view?fbclid=IwAR3K9Tahrqt_ukn2YdlAbPV2YUae1ia0fmMsD2KTShDyCz8boTAWINOR_ko
- Mosquera, J., Amórtegui, E., & Gómez, D. (2019). El conocimiento didáctico de contenido en la inserción profesional de una profesora de ciencias naturales. *PAIDEIA*, 24(1) 1-26.

- Oh, J. Y. (2014). Understanding natural science based on abductive inference: Continental drift. *Found Sci*, 19(1) 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10699-013-9322-2>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2000). Conferencia mundial sobre la ciencia: La ciencia para el siglo XXI un nuevo compromiso. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000122938_spa
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2016). Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244733>
- Park, J. (2019). Elementary science teacher education in Korea: Past, present, and future. *Science Education*, 5(20) 1-12. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0041-z>
- Pelch, M.A. & McConnell, D.A. (2016). Challenging instructors to change: A mixed methods investigation on the effects of material development on the pedagogical beliefs of geoscience instructors, *International Journal of STEM Education*, 3(5) 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0039-y>
- Pérez-Malvárez, C., Bueno, A., Fera, M., & Ruiz, R. (2006). Noventa y cuatro años de la teoría de la deriva continental de Alfred Lothar Wegner. *Interciencia*, 31(7) 1-8.
- Pérez, J. J. (2020, enero 12). ¿Por qué se mueve la tierra de esta manera? Expertos explican la anatomía de los sismos. *Nuevo día*.

<https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/porquesemuevelatierradeestamaneraexpertosexplicanlaanatomiadelosismos-2540278/>

- Prieto, G., & Sánchez, A. (2017). La didáctica como disciplina científica y pedagógica. *Rastros y Rostros del Saber*, 2(1), 1-12.
- Red sísmica de Puerto Rico. (2020a). *Educación: ¿Qué es un terremoto?*
<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/educacion/terremotos/informacion.php>
- Red Sísmica de Puerto Rico. (2020b). *Información sísmica*.
http://redsismica.uprm.edu/Spanish/informacion/sisnotas_sig.php
- Red Sísmica de Puerto Rico. (2020c). *Sismicidad anual en Puerto Rico e Islas Vírgenes*. <http://redsismica.uprm.edu/Spanish/sismos/repanual.php>
- Roth, W. M., & Lee, S. (2003). Science Education as/for Participation in the Community. *Rethinking Scientific Literacy*, 1-29.
- Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales*, 3(2) 1-20.
- Sandín, M. P. (2000). Criterios de validez en la investigación cualitativa: De la objetividad a la solidaridad. *Revista de Investigación Educativa*, 18(1), 223-242.
- Simsek, L. (2007). Children's ideas about earthquakes. *Journal of Enviromental & Science Education*, 2(1), 14-19.
- Stuckey, M., Heering, P., Mamlok- Naaman, R., et al. (2015). The philosophical works of Ludwick Fleck and their potential meaning for teaching and

learning science. *Sci & Educ*, 24,281-298. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9723-9>

TeleSur (2020, enero 7) Declaran estado de emergencia en Puerto Rico tras sismo. *teleSurtv*. <https://www.telesurtv.net/news/puerto-rico-estado-emergencia-sismo-20200107-0007.html>

Universidad Ana G. Méndez Recinto de Gurabo. (2020). Catalog undergraduate programs. 1-322.

http://anagmendez.net/agmonline/Docs/catalogs/undergraduate/UAGM-RO_Undergraduate-Catalog-2020-21-PR_AUG2020.pdf

Universidad de Puerto Rico en Cayey. (2014). *Catálogo UPR-Cayey 2014-1017*.

<https://www.cayey.upr.edu/wp-content/uploads/sites/10/2022/08/catalogo-numerado-2014-2017.pdf>

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. (2015). *Catálogo general de programas subgraduados*. <https://www.uprrp.edu/wp-content/uploads/2015/08/CATALOGO-2015.pdf>

Universidad Interamericana. (2020) Catálogo general. 1-874.

<https://inter.smartcatalogiq.com/-/media/Institution/Inter-American-University-of-Puerto-Rico/Archived-Catalogs/General%20Catalog%202020-2021.pdf>

Vaillant, D., & Marcelo, C. (2021). Formación inicial del profesorado: Modelo actual y llaves para el cambio. *Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4) 1-15. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.003>

- Vega, M (2020, enero 16). Terremotos: Las fuentes y el riesgo de la desinformación. *Nuevo Día*. <https://www.elnuevodia.com/opinion/columnas/terremotoslasfuentesyelriesgodedesinformacion-columna-2541308/>
- Velázquez, L., Clark, L. & Quiñonez, I. (2020). La problematización: Herramienta para facilitar el aprendizaje auténtico de las ciencias en el nivel elemental. *International Journal of New Education*, 6(1), 1-19.
<https://doi.org/10.24310/IJNE3.2.2020.10267>
- Verdugo-Perona, J., Solaz-Portolés, J., & Sanjosé-López, V. (2017). El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión. *Cuadernos de Pesquisa*, 47(164) 1-26.
<https://doi.org/10.1590/198053143915>
- Vergara-Díaz, C., Bustamante, K., & Cofré, H. (2020). Exploring Chilean seventh grade student's conceptions of earth dynamics before and after model- and inquiry-based instruction. *Journal of Geoscience Education*, 68(4) 1-12. <https://doi.org/10.1080/10899995.2020.1725406>
- Villaseñor, A. (1995). Sismicidad y tectónica en el límite de placas del caribe: Noreste de Venezuela e Hispaniola [Doctoral dissertation, Universitat de Barcelona]. ProQuest Dissertations and Theses Global.
- Wiggen, J., & McDonnell, D. (2017). Geoscience videos and their role in supporting student learning. *Journal of College Science Teaching*, 46(6), 44–49.

Yuksel, I. (2019). The effects of research-inquiry based learning on the scientific reasoning skills of prospective science teachers. *Journal of Education and Training Studies*. 7(4), 1-6. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i4.4020>

APÉNDICE A
CERTIFICACIÓN DEL CITI PROGRAM



Completion Date 17-Apr-2020
Expiration Date 16-Apr-2025
Record ID 36299028

This is to certify that:

Julian Lopez Morell

Has completed the following CITI Program course:

Investigaciones psicológicas, sociales o educativas
Investigaciones psicológicas, sociales o educativas con
seres humanos
1 - Stage 1

(Curriculum Group)

(Course Learner
Group)

(Stage)

Not valid for renewal of certification
through CME. Do not use for
TransCelerate mutual recognition
(see Completion Report).

Under requirements set by:

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras



Verify at www.citiprogram.org/verify/?w55b36ea1-97c6-4a4d-a80a-376c9c0362b7-36299028

APÉNDICE B
HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROFESORES
Procedimiento investigación

La enseñanza del ciclo de las rocas y placas tectónicas: una mirada desde expertos en educación científica y en ciencias ambientales

Descripción

Está invitado a participar en una investigación sobre la enseñanza del ciclo de las rocas y las placas tectónicas. Esta investigación es realizada por Julián J. López Morell, estudiante graduado del Programa de INEVA en la UPR-RP. Los propósitos de esta investigación son (a) indagar en torno a las estrategias para enseñar los contenidos del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, que recomiendan expertos en educación científica y en ciencias ambientales; (b) profundizar acerca de las estrategias para enseñar tales contenidos, desde la perspectiva de la utilización de recursos didácticos específicos aplicables al contexto puertorriqueño; y (c) recomendar prácticas específicas para concretar la estructura para guiar la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, con énfasis en el desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en los futuros maestros de Ciencia auscultar cómo los profesores universitarios en la materia de Ciencia Terrestres enseñan los conceptos del ciclo de la roca y las placas tectónicas.

Usted fue seleccionado para participar en esta investigación, debido a forma parte de los docentes universitarios que ofrecen cursos relacionados con las Ciencias Ambientales (e.g., Ciencias Ambientales, Geología o Geografía) o con la educación científica (i.e., Enseñanza de las Ciencias). Estos son cursos que pueden tomar los candidatos a maestros de Ciencia, quienes luego ofrecen el curso de Ciencias Terrestres. Como los expertos es estas áreas son pocos, se hizo una selección intencional. Espero que en este estudio participen, aproximadamente, cinco docentes, que ofrecen los cursos que se mencionaron antes, como personas voluntarias.

Si acepta participar en esta investigación, será entrevistado a partir de una guía de preguntas. Participar en este estudio le tomará aproximadamente una hora y media, como tiempo máximo. Como parte de la entrevista se auscultará la posibilidad de grabar, utilizando en una grabadora digital, con el propósito de obtener la información lo más completa y correcta posible, tal que se facilite la transcripción de cada una de las entrevistas. De seleccionar la modalidad presencial, se coordinará una cita previa con el participante, según su disponibilidad, y se llevará la misma en

Versión 2023-11-09

Página 1 de 4

la oficina institucional de los participantes. De seleccionarse la modalidad virtual se auscultará la posibilidad de obtener la información de una grabación en video y se coordinará las citas mediante la plataforma de *Microsoft TEAMS* o *Zoom*, en la fecha y hora que seleccione cada participante, según su disponibilidad. Como parte de esta elección, sepa que un lugar seguro y privado, durante el periodo que separen para la entrevista, donde se sientan cómodos con un ambiente libre de interrupciones de asuntos laborales o personales, y en el cual no sea posible que terceros escuchen la conversación ni puedan observar la pantalla con la transmisión.

Riesgos y beneficios

Los riesgos asociados con su participación son mínimos. Estos pueden ser sentir incomodidad con alguna pregunta, visto que se realizarán una serie de preguntas acerca de la enseñanza los conceptos del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, que se relacionan con el tema de los terremotos, o sienta agotamiento por el uso del recurso virtual (si decide utilizarlo para la entrevista). Si se siente incómodo/a, se le dará tiempo para que se reponga y continúe o podrá decidir no contestar la pregunta. Asimismo, se respetará si toma la decisión de cancelar su participación. En caso de sentir agotamiento se realizará una pausa durante la entrevista. Si desea poner fin a su participación durante una entrevista virtual, deberá hacer el clic en el botón de *finalizar* o *salir*.

Cabe destacar, que el uso del medio virtual puede conllevar cargos adicionales por el consumo de datos móviles o por el uso de internet. Esta investigación no conlleva beneficios directos para los participantes. Sin embargo, compartir su conocimiento, experiencias y recomendaciones en relación con la enseñanza del tema del ciclo de las rocas y las placas tectónicas, pudiera ser de beneficio indirecto para que se optimice la formación de futuros maestros en el área de especialidad y su desarrollo del conocimiento didáctico del contenido.

Confidencialidad

Su identidad será protegida y su participación es libre y voluntaria. Toda información o datos que pueda identificarle directa o indirectamente serán manejados confidencialmente. Para proteger su identidad en la presentación de los hallazgos, el investigador no identificará a los participantes por su nombre, sino que se utilizarán seudónimos con la palabra profesor y un número (e.g., profesor 1, profesor 2, hasta llegar al número total de participantes), sin seguir un orden lógico entre los participantes. Se velará que los participantes del estudio no se identifiquen para fines de publicación, al igual que la institución. Tampoco se incluirán citas de las entrevistas que permitan identificar al participante o a la institución. Asimismo, el investigador se comprometerá a cuidar el manejo confidencial de cualquier información o documento recibido durante la recopilación de información.

Versión 2023-11-09

Página 2 de 4

La información o datos que pueda identificarlo directa o indirectamente serán manejados confidencialmente. Esto es que solo Julián J. López Morell y Juan P. Vázquez Pérez, director de tesis, tendremos acceso a los datos crudos o que puedan identificarlo, incluyendo esta hoja de consentimiento.

Advertencia nota aclaratoria: "La información que maneje en la computadora o dispositivo que utilice puede ser intervenida o revisada por terceras personas. Estas personas pueden ser personas con acceso legítimo o ilegítimo como un familiar, patrono, intrusos o piratas informáticos (*hackers*), etc. Además, en la computadora o dispositivo puede quedar registro de la información que acceda o envíe por Internet". Oficiales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico o de agencias federales responsables de velar por la integridad en la investigación podrían requerirle al investigador los datos obtenidos en este estudio, incluyendo este documento.

Los documentos, materiales o datos de la investigación serán almacenados en medios digitales bajo contraseña. Los documentos recopilados serán conservados un máximo de tres años una vez finalizada la investigación. Los datos digitales serán borrados de los medios digitales y los impresos serán triturados antes de desecharse.

Derechos

Si leyó este documento y decidió participar, por favor entienda que su participación es completamente voluntaria y que tiene derecho a abstenerse de participar o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. También tiene derecho a no contestar alguna pregunta en particular. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento o a grabar o descargar el mismo.

Si tiene alguna pregunta o desea más información sobre esta entrevista, por favor comuníquese con Julián J. López Morell al [REDACTED] y julian.lopez1@upr.edu o con el supervisor de Tesis, el Dr. Juan P. Vázquez Pérez al (787) 764-0000 ext. 89339 o a juan.vazquez24@upr.edu.

Si tiene preguntas sobre sus derechos como participante o una reclamación o queja relacionada con su participación en este estudio, puede comunicarse con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773 o a cipshi.deqi@upr.edu.

Su firma en este documento significa que decidió participar en esta investigación después de leer la información presentada en esta hoja de consentimiento y que recibió copia de este documento una exhortación a guardar o imprimir la información
Versión 2023-11-09 Página 3 de 4

del consentimiento. Por favor, a continuación, indique si desea que la entrevista sea o no grabada en audio y/o vídeo, según la modalidad que eligió para esta (i.e., presencial o virtual).

Autorización para grabar

(Haga una marca de cotejo [✓] o una equis [X] en los recuadros correspondientes.)

Entrevista presencial

- Autorizo a grabar
 - Solo audio

- No autorizo a grabar

Entrevista virtual

- Autorizo a grabar
 - Solo audio
 - Audio y vídeo

- No autorizo a grabar

Nombre del/de la participante Firma Fecha

Discutí el contenido de esta hoja de consentimiento con el arriba firmante.

Nombre del investigador Firma Fecha

APÉNDICE C
PROTOCOLO DE PREGUNTAS PARA LA ENTREVISTA

Preguntas para la entrevista a profesores de cursos relacionados con ciencias ambientales

Preguntas introductorias

1. ¿Qué curso/s enseña en el/los que se incluyan temas relacionados con el ciclo de las rocas y las placas tectónicas?
2. ¿A qué facultades o programas académicos pertenecen los estudiantes que suelen tomar tal/es curso/s?
3. ¿Qué conceptos específicos se cubren en tal/es curso/s?

Preguntas de calentamiento

4. ¿Cómo enseña en clase cada concepto del ciclo de las rocas?
 - a. ¿Qué estrategias o métodos utiliza en su/s curso/s para enseñar el tema del ciclo de las rocas?
5. ¿A qué concepto/s del tema del ciclo de las rocas entiende que se le/s debe dar énfasis?
¿Por qué?
6. ¿Cómo enseña en clase cada concepto de las placas tectónicas?
 - a. ¿Qué estrategias o métodos utiliza en su/s curso/s para enseñar el tema de las placas tectónicas?
7. ¿A qué concepto/s del tema de las placas tectónicas entiende que se le/s debe dar énfasis?
¿Por qué?
8. ¿Se incluye el tema de los terremotos en su/s curso/s?
 - a. ¿Qué estrategias o métodos utiliza en su/s curso/s para enseñar el tema de los sismos en el contexto puertorriqueño?
 - b. ¿Qué importancia le otorga en clase al asunto de la actividad sísmica en Puerto Rico?

Preguntas clave

9. ¿Cómo entiende que debe formarse a un futuro docente de Ciencia en torno a los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?
10. ¿Cómo debe enseñársele a un futuro docente de Ciencia a enseñar los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?
11. Desde su especialidad y experiencia educativa,
 - a. ¿qué recursos didácticos (e.g., libros, páginas electrónicas) puede recomendar a un futuro docente para fortalecer sus conocimientos respecto al tema a los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?
 - b. ¿qué recursos tecnológicos (e.g., programas, aplicaciones, simuladores) puede recomendar a un futuro docente para fortalecer su enseñanza de los temas del ciclo de las rocas y las placas tectónicas?

Resumen biográfico

El investigador tiene un Bachillerato en Artes con concentración en Educación Secundaria en Ciencia General de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras. Con este trabajo de tesis obtuvo su grado de Maestro en Educación con concentración en Investigación y Evaluación Educativa, de la misma institución. Al momento de realizar esta tesis trabajaba como maestro de Ciencia General en el Departamento de Educación de Puerto Rico y colaboraba en proceso de evaluación en la Cooperativa de Servicios de Evaluación e Investigación.