



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**RELACIÓN ENTRE EL DISEÑO DE LAS BASES CURRICULARES DE CIENCIAS DE
LA TIERRA Y LOS LOGROS DE APRENDIZAJE EN CUARTO BÁSICO EN EL
SISTEMA ESCOLAR CHILENO.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO
PATRICIO IGNACIO AHUMADA JOFRÉ

PROFESORA GUÍA:
LUISA PINTO LINCOÑIR

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CLAUDIA VERGARA DÍAZ
FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND
ROSA DEVÉS ALESSANDRI

SANTIAGO DE CHILE

2015

RELACIÓN ENTRE EL DISEÑO DE LAS BASES CURRICULARES DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LOS LOGROS DE APRENDIZAJE EN CUARTO BÁSICO EN EL SISTEMA ESCOLAR CHILENO.

El currículum nacional es la principal orientación de la labor pedagógica en la escuela, en él se establecen los conocimientos, habilidades y actitudes que se espera desarrollar en los estudiantes. Con el objetivo de aportar elementos que fortalezcan el diseño curricular, se llevó a cabo un estudio con cuatro cursos de cuarto básico para analizar la relación entre el diseño curricular y los logros del aprendizaje en Ciencias de la Tierra. La metodología consistió en la realización de clases a estudiantes divididos en dos grupos, abordando los objetivos consignados en el currículo vigente según dos secuencias, una con el orden sugerido por el currículo y otra con el orden inverso.

Los resultados obtenidos señalan que en el caso de las bases curriculares de Ciencias de la Tierra para cuarto básico: (1) La secuencia actual logró rendimiento del 61,3% mientras la secuencia inversa un 57,6%, (2) la secuencia actual favoreció el aprendizaje de conocimientos conceptuales mientras que la secuencia inversa favoreció aprendizaje sobre procesos y el razonamiento, (3) independiente de la secuencia utilizada, los tópicos de tectónica de placas y estructura interna de la Tierra obtuvieron un desempeño del 44,3% y los tópicos de volcanismo, sismicidad y tsunamis un 67,9%.

Los resultados muestran que la secuencia de los contenidos no afecta significativamente los logros de los estudiantes, pero sí afecta el desarrollo de habilidades. Puesto que una de las críticas al currículo actual es el enfoque contenidista por sobre el enfoque en el desarrollo de las habilidades de razonamiento se concluye que la inversión de la secuencia es positiva.

Por otro lado los contenidos de estructura interna de la Tierra y tectónica de placas logran desempeños significativamente menores que los contenidos de volcanes, terremotos y tsunamis. Esto se interpreta como la complejidad de trabajar sobre contenidos que apelen al pensamiento abstracto en niños de 9 y 10 años. Se concluye que es necesaria la postergación para cursos superiores o una reformulación que simplifique estos objetivos de aprendizaje.

Por último, a partir de la revisión del enfoque y los temas de Ciencias de la Tierra abordados en la totalidad del currículo escolar vigente se detectaron situaciones que podrían estar dificultando los logros de aprendizaje, como (1) Omisión de contenidos importantes (subducción, geología del cobre y otros), (2) Progresión curricular poco clara, (3) Objetivos de aprendizaje que apuntan a la memorización por sobre el razonamiento y (4) Abordaje asistemático de las Ciencias de la Tierra, siendo prácticamente inexistente en la educación media. Se sugiere que sean tomadas en consideración para futuras revisiones de las bases curriculares y trabajos de investigación en educación en Ciencias de la Tierra en el contexto escolar chileno.

Dedicado a Nancy, Patricio, María y Rasguel

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a los profesores Luisa, Claudia, Rosa y Pancho, por apoyarme siempre en el desarrollo de este trabajo. A las profesoras Tania, Alejandra e Irma que me brindaron todo su cariño y apoyo desde Cerro Navia y a los profesores Reynaldo, César, Michael, Orlando, Andrés, Alejandra y Luis en quienes he encontrado grandes amigos y maestros.

Agradezco a mi madre quien ha sido la luz que ha orientado todo este camino y de seguro lo seguirá siendo, hoy más que nunca te amo con todo mi corazón. De forma especial agradezco a mi abuelita y a mi padre que son mis pilares, a mi hermana que me ha enseñado que la convicción rompe con todas las barreras y a mis tíos, primos y animalitos de la familia, los amo incondicionalmente.

Mi gratitud hacia todos los compañeros y compañeras con quienes desde distintos frentes seguimos luchando por construir una sociedad libre. A mis compañeros de Izquierda Autónoma, con quienes se nos vienen grandes desafíos. A todos con quienes compartimos trinchera desde el CEI-CEPC y a mis actuales compañeros de la FECH.

Agradezco a mis grandes amigos Marco, De Vico, Soto, Marta, George, Max, Cepeda y Andresaurus, han sido tantas historias y espero que sean muchas más, los quiero cabros :')

A los amigos de la terraza, los terrenos, el patio de los narajos, los canallas, la NASA, los geoamigos, Quilapajackson, los Diablos de Ingeniería, NESIS, Team Toesca, Los hijos de Marx, Kimkelén, MJ Team y Los Compipers, han hecho que esta etapa de la vida esté cargada de buenos recuerdos pero más importante aún, cargada de buenos amigos.

Finalmente y de manera muy especial quiero agradecer a la profesora Luisa Pinto por la oportunidad que me dio de realizar este trabajo, en contra de las probabilidades pude desarrollar un trabajo que no solo involucró mi cerebro sino también mi corazón.

Me han hecho profundamente feliz, mi gratitud está con todos ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- HIPÓTESIS	6
3.- OBJETIVOS	7
4.- METODOLOGÍA	8
4.1.- Primera etapa: Preparación	9
4.1.1.- Revisión bibliográfica	9
4.1.2.- Observación presencial de clases en colegios	13
4.1.3.- Construcción de la pregunta de investigación	13
4.1.4.- Selección de la metodología de investigación	14
4.2.- Segunda etapa: Planificación y realización de clases	16
4.2.1.- Planificación de la unidad	16
4.2.2.- Planificación de las clases	19
4.2.3.- Instrumento de evaluación	22
4.2.4.- Realización de clases	23
4.2.5.- Recolección de datos	24
5.- MARCO TEÓRICO	25
5.1.- Marco teórico de conceptos geológicos	25
5.1.1.- Estructura interna de la Tierra	25
5.1.2.- Tectónica de placas	29
5.1.3.- Sismicidad	33
5.1.4.- Volcanismo	34
5.2.- Marco teórico de educación científica	35

5.2.1.- Alfabetización científica	35
5.2.2.- Aprendizaje escolar	38
5.2.3.- Progresión del aprendizaje	40
6.- RESULTADOS	41
6.1.- Ciencias de la Tierra en el currículo vigente	41
6.2.- Resultados a partir de la intervención	45
6.2.1.- Resultados según la secuencia utilizada	45
6.2.2.- Desempeño por ítem	46
6.2.3.- Resultados ítem 12 del instrumento de evaluación	50
6.2.4.- Resultados según tópico	56
7.- DISCUSIONES	57
7.1.- Resultado según nivel de abstracción	57
7.2.- Estructura interna y tectónica de placas en Cuarto básico	58
7.3.- Inversión de los objetivos de aprendizaje de Ciencias de la Tierra en Cuarto básico	58
7.4.- Reformulación de los objetivos de aprendizaje	58
7.5.- ¿Qué enseñar?	60
7.6.- Énfasis en el concepto de ‘subducción’ en la educación escolar	63
7.7.- Contexto de la muestra	63
7.8.- Factores externos al estudio	64
7.9.- Experiencia en aula	65
8.- CONCLUSIONES	67
9.- BIBLIOGRAFÍA	68
10.- ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos del aprendizaje, Unidad 2 (MINEDUC, 2012a)	16
Tabla 2: Secuencia curricular actual	17
Tabla 3: Secuencia curricular inversa	18
Tabla 4: Descripción de ítems del instrumento de evaluación	22
Tabla 5: Distribución de la muestra	23
Tabla 6: Documentos curriculares vigentes	24
Tabla 7: Comparación de la composición de la corteza (Rudnick y Gao, 2003) ...	28
Tabla 8: Escala teórica del nivel de alfabetización científica (Bybee, 1997) ...	36
Tabla 9: Aprendizajes esperados en Ciencias de la Tierra en la educación escolar ...	41
Tabla 10: Objetivos de la evaluación	46
Tabla 11: División según complejidad de la respuesta	50
Tabla 12: Propuesta de objetivos de aprendizaje para cuarto básico	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1:	Esquema de la secuencia curricular actual en Ciencias de la Tierra.....	4
	y el Universo para cuarto básico.	
Figura 2:	Esquema de la secuencia curricular inversa	6
Figura 3:	Esquema de la secuencia para el grupo A	17
Figura 4:	Esquema de la secuencia para el grupo B	18
Figura 5:	Plantilla para la planificación de las clases	19
Figura 6:	Video de la relación entre la lava y las rocas volcánicas (“Deaf lava boy! Grab some fresh lava!” en www.youtube.com)	20
Figura 7:	Video de las causas, consecuencias y prevención de riesgos de tsunamis (“How tsunamis work – Alex Gendler” en www.youtube.com)	20
Figura 8:	Video de tectónica de placas para niños (“Billy Blue Hair – Where do Mountains Come From?” en www.youtube.com)	21
Figura 9:	(a) Video de la dinámica interna de la Tierra (“plate tectonics” en www.youtube.com) (b) Presentación con diapositivas	21
Figura 10:	Evolución planetaria (Smithsonian National Museum of Natural History, 2014)	25
Figura 11:	Velocidades sísmicas y densidad versus radio (Master y Shearer, 1995)	26
Figura 12:	Evidencias para las celdas de convección en el manto, la línea vertical blanca y la proyección de la Tierra en el límite núcleo- manto son referenciales. (a) Suma de los campos de densidad térmica y químicamente inducidos (b) Campos de empuje de la superpluma africana (Simmons et al., 2007)	27
Figura 13:	En colores se muestra la corteza oceánica según su edad y en grises se muestra la corteza continental (Müller et al., 2008).	29
Figura 14:	Esquema de la expansión del piso oceánico y la inversión del campo magnético terrestre (Lang, 2010)	30
Figura 15:	Distribución de las placas mayores y menores (USGS, 2011)	30

Figura 16:	Esquema 3D de la configuración de las unidades morfoestructurales 32 y su relación espacial con la subducción de Nazca (Farías, 2007).	32
Figura 17:	Configuración actual de la corteza a los 33,5° S (Modificado de 32 Farías, 2007)	32
Figura 18:	Sección transversal de focos sísmicos en Chile central (modificada 33 de Barrientos et al., 2004)	33
Figura 19:	Asperezas sismogénicas en la subducción tipo chilena (Cloos 33 y Shreve, 1996)	33
Figura 20:	Esquema del magmatismo andino (Willkinson, 2013) 34	34
Figura 21:	Resultados por curso 45	45
Figura 22:	Desempeño por ítem en la prueba final 47	47
Figura 23:	Ítem 3 del instrumento de evaluación 47	47
Figura 24:	Ítem 5 del instrumento de evaluación 48	48
Figura 25:	Ítem 9 del instrumento de evaluación 48	48
Figura 26:	Ítem 11 del instrumento de evaluación 48	48
Figura 27:	Ítem 12 del instrumento de evaluación 49	49
Figura 28:	Objetivos de aprendizaje de Ciencias de la Tierra y el Universo 50 en cuarto básico.	50
Figura 29:	Ejemplos de la categoría A 51	51
Figura 30:	Ejemplos de la categoría B 52	52
Figura 31:	Ejemplos de la categoría C 53	53
Figura 32:	Ejemplos de la categoría D 54	54
Figura 33:	División según la complejidad de la respuesta según grupos 55	55
Figura 34:	Resultados según tema 56	56

1.- INTRODUCCIÓN

Las sociedades han comprendido la importancia del conocimiento científico para la superación de los desafíos del siglo XXI. De la mano con el desarrollo científico, la educación científica también es comprendida como una herramienta fundamental para el desarrollo de los individuos y las sociedades, de hecho UNESCO la calificó como un ‘imperativo estratégico’ de los países (UNESCO-CIUC, 1999) postura que es compartida por distintos organismos nacionales e internacionales como el Ministerio de Educación de Chile y la OCDE (MINEDUC, 2013b; OCDE 2009). En el caso particular de las Ciencias de la Tierra la situación es similar: Un desarrollo científico pujante y un creciente interés por la extensión sus conocimientos (ESLI, 2010; AEPECT, 2012).

El desarrollo científico y la manifiesta importancia de la educación en ciencias, debería tener su correlato con una sociedad que capacite a sus ciudadanos para apropiarse el conocimiento científico y utilizarlo para su autodeterminación, sin embargo en la realidad este objetivo no se logra. Según datos de las pruebas SIMCE y PISA el nivel de alfabetización científica en Chile, se ubica apenas por encima del primer tramo de un total de cinco, es decir, los chilenos están al borde del ‘analfabetismo científico’, lo que se traduce como una importante brecha entre el conocimiento y los métodos de la ciencia y las personas. (MINEDUC, 2010; MINEDUC 2013b; OCDE 2006). Estos datos son concluyentes para indicar que el dominio científico es un problema no resuelto a lo largo del sistema (Navarro y Förster, 2012).

Con el objetivo de comprender este problema y proponer medidas que apunten a la mejora de la educación científica escolar, este trabajo se centra en estudiar las prácticas a través de las cuales se enseña Ciencias de la Tierra en el sistema escolar chileno.

La educación científica escolar en Chile ha sido estudiada por autores que han diagnosticado una serie de problemas que producen el bajo nivel actual, entre las cuales encontramos:

- (a) Programas escolares sobrecargados de contenidos conceptuales, marcados por la falta de pertinencia y de sentido para los alumnos, y un fuerte componente memorístico, con contenidos tratados en forma abstracta que no responden a las interrogantes de los estudiantes (Acevedo, 2004; Fourez, 1997; Vilches et al., 2004);

- (b) Una forma de enseñanza elitista, dirigida exclusivamente a aquellos estudiantes que manifiestan interés en carreras profesionales de corte científico. (Acevedo, 2004; Vázquez et al., 2006; Viches et al., 2004);
- (c) Una enseñanza atomizada del conocimiento, descontextualizada de la realidad histórica y desprovista de significado social y cultural (Castro, 2003);
- (d) Clases aburridas, poco interactivas y centradas en el profesor (González et al., 2009; Cofré et al., 2010);
- (e) Profesores inseguros de su conocimiento científico (Cofré et al., 2010).

Fuertes críticas se concentran en el ‘que se enseña’, que en el caso chileno corresponde a lo consignado en las bases curriculares que son los documentos oficiales de Ministerio de Educación de Chile donde se definen los contenidos, las habilidades y las actitudes que se pretenden desarrollar en los estudiantes (Código Civil, 2014). Por tanto un aspecto fundamental para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias pasa por la apropiación de estas críticas para el diseño de unas bases curriculares modernas.

En el caso de las Ciencias de la Tierra en el currículo escolar se detectan una serie de aspectos que ameritan una revisión exhaustiva, entre estos se encuentran:

- 1) Conocimientos esperados: La noción de que los estudiantes deben dejar la escuela con cierto conocimiento básico sobre las grandes ideas y procedimientos de la ciencias es bastante universal (Harlen et al., 2010). Esta noción indica que se debe decidir cuál o cuáles son esas ideas fundamentales y elaborar el currículo en base a estas, sin embargo a partir de la revisión del currículo actual en Ciencias de la Tierra no parece existir una direccionalidad clara sobre estas grandes ideas.
- 2) Ausencia de contenidos importantes: La característica geológica más importante en Chile es la subducción. Comprender este concepto es fundamental para entender la cordillera de los Andes, la alta sismicidad, el volcanismo y otros rasgos que caracterizan a la geología chilena, sin embargo este concepto se encuentra en un segundo plano en las bases curriculares. Otros aspectos que no se estudian desde una perspectiva científica son: Cordillera de los Andes, mineralogía y recursos naturales, en especial el cobre.

- 3) Progresión de contenidos a lo largo de los años de escolaridad: Ligado con el punto 1, la distribución actual de los temas parece no exhibir una secuenciación clara a lo largo de los años, pues se abordan temas relacionados en años muy distintos (como estructura interna de la Tierra en cuarto básico y formación de la Tierra en cuarto medio) y los contenidos en años consecutivos muchas veces no se pueden conectar con facilidad (como estructura interna de la Tierra en cuarto básico, contaminación de aguas en quinto básico y suelos en sexto básico).
- 4) Progresión de contenidos según unidad: Es esperable que el orden a través de los años sea coherente con el fin de ir progresando hacia el aprendizaje significativo de temas complejos (Popham, 2007), así como también los contenidos en cada unidad deben estar organizados con coherencia para lograr los objetivos de aprendizaje. Para realizar una valoración del currículo actual se debe estudiar caso a caso las distintas unidades.

Sobre el punto 1 y 2, los conocimientos esperados han sido debatidos por la comunidad educativa y científica, fruto de eso hay múltiples iniciativas que proponen qué es lo que se debe enseñar. Por ejemplo en Chile las bases curriculares justifican qué es lo que se enseña en la ‘Fundamentación de las Bases Curriculares’ (MINEDUC, 2011) e internacionalmente para Ciencias de la Tierra encontramos diversos trabajos como Harlen et al. (2010), ESLI (2010), National Research Council (2012) y AEPECT (2012).

El tema 3 se aborda en muchos trabajos, siendo el componente común de ellos el que el aprendizaje de por sí es un proceso progresivo, por tanto para guiar el aprendizaje hacia los temas deseados, es indispensable establecer un progresión (Masters y Forster, 1997; Wilson y Bertenthal, 2005; Smith et al., 2006; Stevens et al., 2007; Popham, 2007).

Mientras que el tema 4, la organización interna de los contenidos en un año, los trabajos existentes son puntuales respecto del contenido y respecto del país donde se llevan a cabo. Ejemplos de ello es el atlas de la alfabetización científica en Estados Unidos (AAAS, 2007) o la revisión de la enseñanza de la evolución en Chile (Camus, 2009). Puesto que el currículo chileno es único, no existen trabajos internacionales que se correspondan con su organización interna. Por ese motivo, este trabajo se centra revisión de la organización de los contenidos de Ciencias de la Tierra en cuarto básico, tanto por la inexistencia de estudios similares como por la relevancia de tópicos propuestos por el currículo en este nivel.

En cuarto básico, la asignatura de Ciencias Naturales se divide en 17 objetivos de aprendizaje (O.A.): 8 en el eje de Ciencias de la Vida, 6 en el eje de Ciencias Físicas y Químicas y 3 en el eje de Ciencias de la Tierra y el Universo (MINEDUC, 2012a).

En el caso de los tres O.A. del eje de Ciencias de la Tierra y el Universo, la secuencia comienza por el estudio de la estructura interna de la Tierra (O.A. 15), luego sigue con el estudio de la interacción de sus capas (O.A. 16) y finalmente termina con el estudio de terremotos, tsunamis y volcanes estableciendo sus causas, sus consecuencias (O.A. 16) y la prevención de riesgos asociados (O.A.17), como esquematiza la Figura 1.

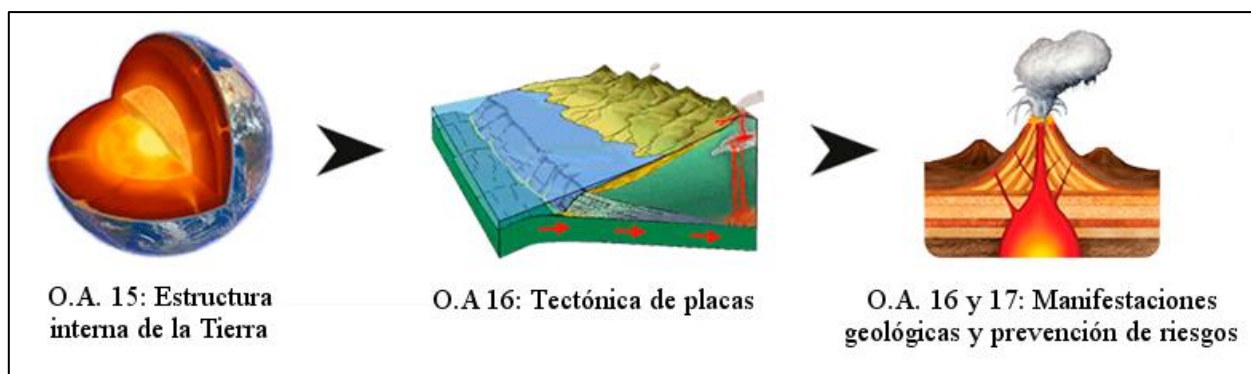


Figura 1: Esquema de la secuencia curricular actual en Ciencias de la Tierra y el Universo para cuarto básico.

Para enmarcar el problema identificado analizaremos dos puntos de vista: a) El desarrollo histórico de las Ciencias de la Tierra y b) los aportes de las ciencias del aprendizaje.

- a) Desde la perspectiva del desarrollo histórico de las Ciencias de la Tierra nos encontramos con una metodología eminentemente inductiva, pues a partir de la observación sistemática de manifestaciones geológicas particulares, los geocientistas han desarrollado una teoría integrativa conocida como tectónica de placas (Pérez-Malvaes et al., 2006).
- b) Las ciencias del aprendizaje han destacado la importancia del conocimiento y las experiencias previas que las personas poseen sobre el tema que se desea enseñar, de tal forma de corregir nociones erróneas, darle pertenencia al tema de estudio y formar una base desde la que se pueda acceder al nuevo conocimiento (Bransford et al., 2000).

A partir de estos dos puntos el problema detectado es que diseño curricular vigente para cuarto básico exhibe un orden que podría dificultar el aprendizaje pues la secuencia, aunque disciplinariamente lógica, no tiene correlato con el desarrollo histórico de las Ciencias de la

Tierra al presentar las causas antes que las consecuencias, lo que puede generar desinterés y falta de pertinencia. Además dificulta el reconocimiento del conocimiento y la experiencia existente, pues los primeros temas que se abordan son más ajenos a niños de diez años, como las capas de la Tierra, que los temas que se abordan al final, como volcanes y terremotos.

Estas dificultades podrían ser resueltas a partir del uso de metodologías innovadoras, como la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, sin embargo en la actualidad uno de los problemas de la educación científica es que la mayoría de los profesores no incorporan el uso de estas metodologías y se mantiene una forma tradicional de hacer clases, es decir, clases expositivas, poco interactivas y centradas en el profesor (González et al., 2009; Cofré et al., 2010).

Con el fin de eliminar estas dificultades en el corto plazo tomando en cuenta lo anterior, este estudio busca determinar el efecto que tiene la inversión de la secuencia curricular actual en los aprendizajes logrados por estudiantes de cuarto básico, y por otro lado, con el objetivo de avanzar en el diseño curricular a más largo plazo, se estudian los logros del aprendizaje según los distintos tópicos, con el fin de detectar las diferencias que una metodología tradicional de enseñanza puede generar cuando se abordan temas de distinta complejidad.

2.- HIPÓTESIS

La inversión de los objetivos del aprendizaje en el currículo de Ciencias de la Tierra y el Universo para cuarto básico como esquematiza la figura 2, comenzando por las manifestaciones geológicas (volcanes, sismos y tsunamis), para luego pasar a los procesos internos que los originan y terminar en la estructura interna de la Tierra, promueve los logros del aprendizaje en Ciencias de la Tierra en los niños.

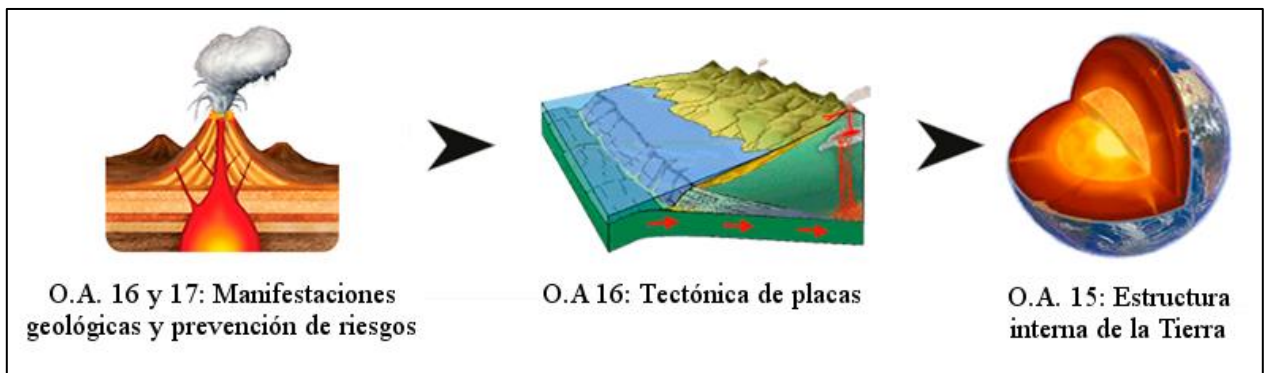


Figura 2: Esquema de la secuencia curricular inversa.

3.- OBJETIVOS

3.1.- Objetivo general

Estudiar la relación entre el diseño curricular y los logros de aprendizaje en Ciencias de la Tierra a partir de las bases curriculares de cuarto básico y proponer ajustes a las bases curriculares actuales para avanzar hacia la alfabetización científica escolar.

3.2.- Objetivos específicos

- Estudiar la relación entre la secuencia de los contenidos y los logros del aprendizaje para Ciencias de la Tierra en cuarto básico.
- Estudiar los logros del aprendizaje de los distintos contenidos de Ciencias de la Tierra consignados en las bases curriculares de cuarto básico.
- Proponer ajustes a las bases curriculares de Ciencias Naturales de cuarto básico en función de los resultados obtenidos.

4.- METODOLOGÍA

La metodología utilizada para este estudio se basa en un enfoque mixto cualitativo-cuantitativo. En resumen el trabajo consiste en estudiar la relación entre el diseño curricular y los logros del aprendizaje a partir de la realización de clases de Ciencias de la Tierra a estudiantes de cuarto básico abordando los contenidos consignados en el currículum nacional, pero según dos secuencias distintas: la actual y la inversa. Los datos provienen de los resultados de la Prueba de diagnóstico y los resultados de la prueba final. Las conclusiones de esta investigación provienen de la interpretación de los datos obtenidos y de la experiencia de investigación en educación científica.

La metodología se divide en dos etapas:

1.- Preparación:

- Revisión bibliográfica.
- Observación presencial de clases en colegios.
- Construcción de la pregunta de investigación.
- Selección de la metodología de investigación.

2.- Planificación y realización de clases:

- Planificación y elaboración de material.
- Realización de clases.
- Recolección de datos.

4.1.- Primera etapa: Preparación

La primera etapa de esta investigación fue el acercamiento bibliográfico y experiencial al sistema educativo chileno y a la investigación en educación. Esta etapa cobra especial relevancia en el caso particular de este trabajo por dos motivos: El primero es la gran cantidad de experiencias y conocimiento asociados al área de educación e investigación en educación científica y el segundo es el bajo nivel de experiencia del autor en estos temas.

4.1.1.- Revisión bibliográfica

La investigación en educación es muy diversa, pues contempla muchos enfoques, metodologías, objetos de estudio y preguntas de investigación según sea el interés del investigador. El creciente desarrollo de esta área de investigación y sus metodologías, así como su aplicación en el proceso educativo y en la elaboración de políticas públicas, resultan en una gran cantidad de literatura necesaria de revisar previo al planteamiento de un estudio. En el caso de este trabajo, la literatura revisada se divide en siete áreas temáticas, dentro de las cuales se destacan algunos de los trabajos más relevantes que sirvieron como sustento teórico para el estudio.

(1) Documentos oficiales

En Chile el Ministerio de Educación (MINEDUC), a través de la Ley General de Educación (LGE), es el encargado de delimitar el marco en el cual se desarrolla el proceso educativo. El Ministerio a ha desarrollado una serie de documentos, en constante revisión, que son utilizados por la comunidad educativa escolar para orientar sus esfuerzos hacia el logro de las metas consignadas en la LGE.

Los documentos oficiales del MINEDUC revisados para comprender el diseño y el enfoque del currículum nacional fueron:

- Bases curriculares.
- Fundamentación de las bases curriculares.
- Planes de estudio.
- Programas de estudio.
- Estándares de aprendizaje.
- Progresión de objetivos del aprendizaje.

La revisión de estos documentos tuvo como foco comprender el qué y el cómo espera el MINEDUC que la educación escolar aborde la enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

(2) Educación escolar en Chile

Para comprender la actualidad de la educación científica en Chile se hizo una revisión de documentos de fuentes nacionales e internacionales asociadas a resultados en pruebas estandarizadas, estudios sobre los logros del aprendizaje, trabajos sobre el contexto socio-económico que enmarca el proceso educativo chileno y sus implicancias y la legislación chilena sobre educación.

- SIMCE (Sistema de medición de la calidad de la educación)
- Informe PISA (*Programme for International Student Assessment*)
- TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*)
- *Education at a Glance*
- Ley Núm. 20.370 - Ley general de Educación
- Encuesta longitudinal docente (Bravo et al., 2006)
- IX Encuesta a actores del sistema educativo (CIDE, 2012)
- Conclusiones Primer Congreso Pedagógico Curricular 2005 (Colegio de Profesores de Chile, 2006)
- El estudio de la segregación socioeconómica y académica de la educación chilena (Bellei, 2013)
- La (ina)movilidad del desempeño educativo de los estudiantes chilenos: realidad, oportunidades y desafíos (Allende et al., 2013)
- Evolución de la segregación socioeconómica de los estudiantes chilenos y su relación con el financiamiento compartido (Valenzuela, 2008)
- *Socioeconomic school segregation in market-oriented educational system. The case of Chile* (Valenzuela et al., 2013)

(3) Educación Científica

Se realizó una revisión de trabajos internacionales sobre educación científica para enmarcar el desarrollo la experiencia internacional en esta área a partir del el enfoque curricular, estudios comparativos, recomendaciones y metodologías de investigación.

- *A framework for K-12 Science Education* (National Research Council, 2012)
- *Principles and big ideas of Science Education* (Harlen et al., 2010)
- Segundo estudio regional comparativo y explicativo (SERCE) en Aporte para la enseñanza de las Ciencias Naturales (UNESCO, 2009)
- *Taking Science to school* (Duschl et al., 2007)
- ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? (UNESCO, 2005)
- El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje en Ciencias (Solbes et al., 2007)
- *The qualitative-quantitative debate* (Libarkin y Kurdziel, 2002)
- *Qualitative data* (Libarkin y Kurdziel, 2002)
- *How to research* (Blaxter et al., 1995)
- *The elephant in the living room: or extending the conversation about the politics of evidence* (Denzin, 2009)
- *Scientific Culture and Education Research* (Feuer et al., 2004)

(4) Educación científica en Chile

Con el objetivo de comparar el caso chileno con la literatura internacional se realizó una revisión de trabajos de investigación sobre el estado de la educación científica, desafíos futuros, recomendaciones y experiencias de investigación.

- Desafíos de la educación científica en Chile (Cofré, 2010)
- Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la Ciencia (Navarro y Förster, 2012)
- Gestión del tiempo e interacción del profesor-alumno (Martinic y Vergara, 2007)
- La educación científica como apoyo a la movilidad social (González et al., 2009)
- Educación evolutiva en Chile (Camus, 2009)
- Enseñar Ciencias en el mundo de hoy (López, 2012)

(5) Educación en Ciencias de la Tierra

Se revisó bibliografía sobre múltiples aspectos la enseñanza de Ciencias de la Tierra como propuestas curriculares internacionales (EEUU y España), investigaciones sobre didáctica, propuestas metodológicas de investigación en educación en Ciencias de la Tierra, recomendaciones y otros.

- Alfabetización en Ciencias de la Tierra: Propuesta curricular (AEPECT, 2012)
- *Earth Science Literacy Principles* (ESLI, 2010)
- Enseñando Geología a lo largo de Chile (Chong, 2003)
- *Geoscience education in United States* (Libarkin, 2006)
- *Analogical Thinking in Geoscience education* (Jee et al., 2010)
- *Teaching Geoscience in the context of culture and place* (Apple et al., 2014)
- *A compilation and review of over 500 Geoscience Misconceptions* (Francek, 2012)
- *Measuring Student knowledge of landscapes and their formation timespans* (Jolley et al., 2013)

(6) Aprendizaje

Con el fin de comprender y utilizar los avances en la investigación del aprendizaje y el proceso educativo se revisó bibliografía asociada a las ciencias del aprendizaje, entre las más importantes:

- *How people learn* (Bransford et al., 2000).
- Psicología del aprendizaje escolar (Huaquín, 2007)
- *The many faces of constructivism* (Perkins, 1999)
- *Applications of constructivism in Earth Science* (Griffin, 2010)
- *Mental Models and Cognition in Education* (Libarkin et al., 2003)
- Significado y aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1976)
- Seis estudios de psicología (Piaget & Petit, 1971)

(7) Ciencias de la Tierra

Con el objetivo de realizar las clases incorporando el estado actual del conocimiento sobre las áreas de las Ciencias de la Tierra, se revisaron investigaciones sobre algunos de los temas abordados como estructura interna de Tierra, tectónica de placas, manifestaciones geológicas y otros. Si bien las clases se realizaron enfocadas a niños de 10 años, la rigurosidad en el

conocimiento y el dominio que posea el docente sobre estos son factores importantes a la hora de generar aprendizaje significativo (Weissmann, 1993). Las referencias en esta área se pueden encontrar en el capítulo de marco teórico de conceptos geológicos.

4.1.2.- Observación presencial de clases en colegios

En muchas áreas de investigación como antropología, geología y biología, es tradicional registrar notas de terreno para enriquecer el contexto del estudio y por tanto dotar de una mirada amplia la obtención de los datos que sustentarán las conclusiones. Este registro, en el caso de la investigación en educación, sirve también para involucrarse de forma intensa con las personas que serán objeto de estudio (Emerson et al., 2011).

Con el objetivo tomar notas sobre el contexto, el profesor, los estudiantes y la clase, además de introducirse en el contexto escolar, se llevaron a cabo dos observaciones directas pasivas. Estas observaciones se realizaron en contextos similares al contexto donde se condujo esta investigación, es decir, colegios municipales en clases de Ciencias Naturales para niños de cuarto básico. La observación fue directa pues se llevó a cabo presencialmente dentro de la sala de clases y pasiva pues no se sostuvo interacción con los estudiantes o con los profesores.

A partir de esta observación se tomaron notas de terreno que resultaron de utilidad tanto para la planificación de las clases como para la elaboración de discusiones y recomendaciones.

4.1.3.- Construcción de la pregunta de investigación

La construcción de la pregunta de investigación se realizó tomando como punto de partida el interés del autor en la educación en Ciencias de la Tierra en la educación escolar. A partir de este interés los dos elementos que dan forma a la pregunta de investigación son: (1) La importancia del diseño curricular y (2) el contexto escolar.

En el paradigma escolar actual el currículum es de vital importancia para el desarrollo de la actividad pedagógica pues es la guía que responde a las preguntas fundamentales en educación: ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar?, ¿cómo enseñar? y ¿qué, cómo y cuándo evaluar? Puesto que el objetivo de este trabajo apunta a la mejora de la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en la

educación escolar chilena, la revisión del currículum nacional se hace de particular interés. Esto nos lleva a la pregunta: ¿Qué, cómo y cuándo se enseña Ciencias de la Tierra?

Por otro lado la educación escolar posee particularidades que restringieron el planteamiento de esta investigación. La más importante corresponde a los acotados plazos del que disponen los profesores para cubrir los contenidos obligatorios consignados en el currículum nacional. A partir de esto se tomó la decisión de restringir el objeto de estudio a un solo nivel de la educación escolar, en este caso a cuartos básicos (niños de 9 a 10 años) pues los temas que aborda el currículum nacional son fundamentales en Ciencias de la Tierra, además de ser el primer curso en la educación básica donde se abordan tópicos de Ciencias de la Tierra desde una perspectiva científica.

A partir de la revisión tópicos de Ciencias de la Tierra en cuarto básico (ver Tabla 9) se detectó que estos son abordados a partir de una secuencia que podría no ser la más efectiva. Esto condujo a que la primera pregunta de este trabajo sea: ¿La secuencia consignada en el currículum actual favorece el aprendizaje?

Y la segunda pregunta que se trata de responder tiene relación con la selección de los temas que se tratan en cuarto básico, pues se detectó que hay temas complejos, como estructura interna de la Tierra y tectónica de placas, que podrían no estar logrando los aprendizajes esperados. A partir de esto la segunda pregunta es: ¿Cuál es el nivel de aprendizaje que logran los estudiantes en cada uno de los temas consignados en el currículum?

La selección de estas preguntas se hizo en base a estudiar la pertinencia del diseño curricular actual en Ciencias de la Tierra, tomando como base la factibilidad de llevar a cabo un estudio de estas características en el contexto escolar.

4.1.4.- Selección de la metodología de investigación

La selección de la metodología de investigación se fundamenta en cómo entendemos la realidad y cuáles son las mejores formas de estudiarla (Blaxter et al., 1995). En este caso la investigación se centra en el estudio de los logros del aprendizaje en la escuela, dado que estos son complejos de cuantificar se utilizó un enfoque cuantitativo-cualitativo. Este enfoque se ve reflejado en las

fuentes utilizadas para la obtención de los datos (Notas de terreno e instrumento de evaluación de preguntas abiertas y cerradas).

Puesto que el foco de este estudio es la escuela, se decidió realizar el estudio en el mismo contexto escolar con la intención de disminuir al máximo las variables que pueden condicionar los logros del aprendizaje, como podría ser la motivación especial de estar en un contexto diferente, como trabajo en terreno o en laboratorios especializados. En este sentido un factor que se asumió como costo, tomando en cuenta los recursos disponibles para este estudio, es la realización de las clases por cuenta del investigador y no de los propios profesores titulares de la asignatura de Ciencias Naturales. Esta decisión se fundamentó en la diferencia de conocimientos, habilidades y metodologías entre los distintos profesores y la dificultad que suponía la estandarización de las lecciones.

La muestra del estudio correspondió a cuatro cursos de cuarto básico de escuelas municipales en la comuna de Cerro Navia. El número de cursos seleccionado se impuso por el tiempo que ocupa la realización de clases y el tiempo del investigador, pues las clases se hicieron de forma paralela.

En Chile existen tres tipos de establecimientos escolares según tipo de dependencia administrativa: Municipal, particular subvencionado y particular pagado. En el caso de este estudio se seleccionó solo a colegios municipales con el fin de homogeneizar la muestra. Esto a propósito de que en el caso chileno la dependencia administrativa de los establecimientos educativos genera segregación socioeconómica y académica, factores relevantes de la inequidad educativa que se expresa en diferencias en los logros del aprendizaje y en las oportunidades de los estudiantes (Bellei, 2013).

La fuente de los datos se restringió a los resultados de las pruebas de diagnóstico y final. Otras fuentes de datos como podrían ser encuestas, entrevistas u otros, se descartaron por los plazos y recursos de la investigación, sin embargo estos podrían métodos incorporados en estudios futuros. Es importante destacar que el instrumento de evaluación (prueba de diagnóstico y final) fue construida por el autor para este trabajo y no pasó por una etapa de validación, este es un hecho importante pues el instrumento podría ser cuestionable en términos de la eficacia que tiene para medir los logros del aprendizaje. Se sugiere que estudios futuros contemplen recursos para esta actividad.

4.2.- Segunda etapa: Planificación y realización de clases

4.2.1.- Planificación de la unidad.

La planificación de la unidad consiste en una mirada global a los objetivos de la unidad para una plantear una secuencia que aborde los contenidos de forma progresiva, en este trabajo la planificación de la unidad es central pues una variable para medir el logro de los aprendizajes es la secuencia en la que se ordenan los contenidos abordados.

El currículo chileno de Ciencias Naturales vigente para cuarto básico contiene tres objetivos del aprendizaje (O.A.) en el eje de Ciencias de la Tierra y el Universo, que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Objetivos del aprendizaje, Unidad 2 (MINEDUC, 2012a)

Objetivo del Aprendizaje (O.A.)	Descripción
15	Describir, por medio de modelos, que la Tierra tiene una estructura de capas (corteza, manto y núcleo) con características distintivas en cuanto a su composición, rigidez y temperatura.
16	Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas)
17	Proponer medidas de prevención y seguridad ante riesgos naturales en la escuela, la calle y el hogar, para desarrollar una cultura preventiva.

El programa de estudio de cuarto básico es un complemento que facilita la implementación óptima de las bases curriculares. Este programa agrupa estos tres objetivos del aprendizaje en la Unidad N°2 y sugiere un tiempo de 18 horas pedagógicas para esta unidad (MINEDUC, 2012b).

A partir de estos dos elementos (objetivos del aprendizaje y tiempo sugerido) se realizaron dos planificaciones. (1) Una con la secuencia curricular consignada en las bases curriculares (Grupo A) y (2) otra secuencia inversa (Grupo B).

(1) Planificación grupo A (Secuencia curricular actual)

La planificación del grupo A se basó en un enfoque deductivo. En este caso el estudio comienza por la estructura interna de la Tierra, su división según capas (núcleo interno, núcleo externo, manto y corteza) y sus principales características. Luego se pasó al estudio de la interacción entre estas capas (principalmente interacción manto-corteza) y como consecuencia de esta interacción se introdujeron los principales aspectos de la tectónica de placas. Luego se estudió el concepto de subducción y su rol en la génesis de las manifestaciones geológicas y finalmente se estudiaron las propiedades, causas, consecuencias y medidas de prevención de riesgos asociadas a dichas manifestaciones, con un enfoque en la experiencia de los niños y la utilización de recursos audiovisuales. La figura 3 esquematiza la secuencia A.

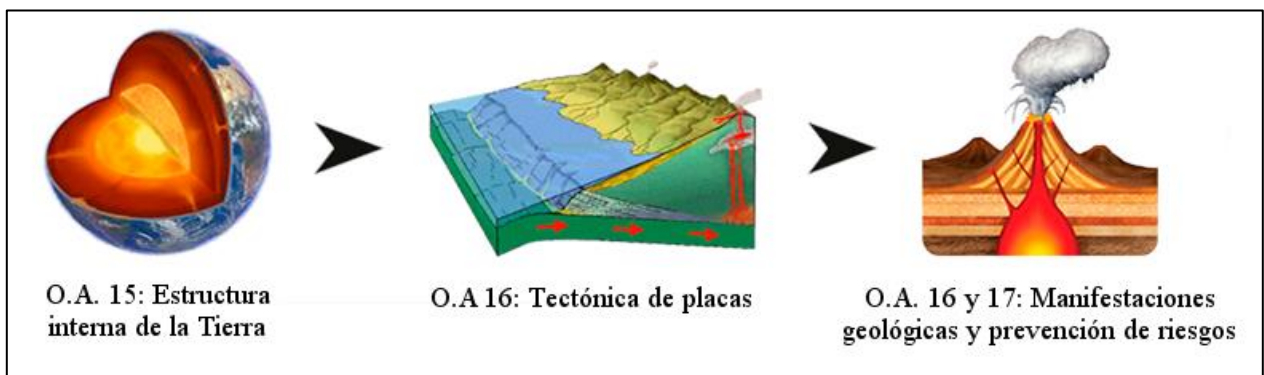


Figura 3. Esquema de la secuencia para el grupo A.

En la tabla 2 se resume la secuencia utilizada para el grupo A.

Tabla 2: Secuencia curricular actual

Semana	O.A.	Horas pedagógicas	Unidad didáctica
0	-	1	Prueba de diagnóstico
1	15	3	Estructura interna de la Tierra
2	15 y 16	3	Tectónica de placas
3	16	3	Volcanes
4	16 y 17	3	Tsunamis y terremotos
5	17	3	Terremotos
6	-	2	Prueba final

(2) Planificación grupo B (Secuencia curricular inversa)

La planificación del grupo B se basó en un enfoque inductivo. Este consistió en comenzar el estudio a partir de manifestaciones geológicas, comenzando por volcanes, terremotos y tsunamis, asociándolo a las propias experiencias de los niños y exhibiendo material gráfico para estudiar las propiedades de cada una de las manifestaciones y plantear preguntas que se usaron después, por ejemplo, ¿de dónde viene el magma de la cámara magmática? o ¿por qué se mueven las placas tectónicas que originan un terremoto? Luego se pasó al estudio de las placas tectónicas, donde se identificaron cadenas montañosas y arcos volcánicos concluyendo sobre la distribución geográfica de las manifestaciones geológicas y los bordes de placa, a partir de esto se introdujo el término “subducción” y se estudió las dinámicas de las placas y su relación con volcanes, terremotos y tsunamis y finalmente se abordó el estudio de la estructura interna de la Tierra, su división en capas y la relación de esta organización a lo largo de la historia del planeta y la geología actual. La figura 4 esquematiza la secuencia B.

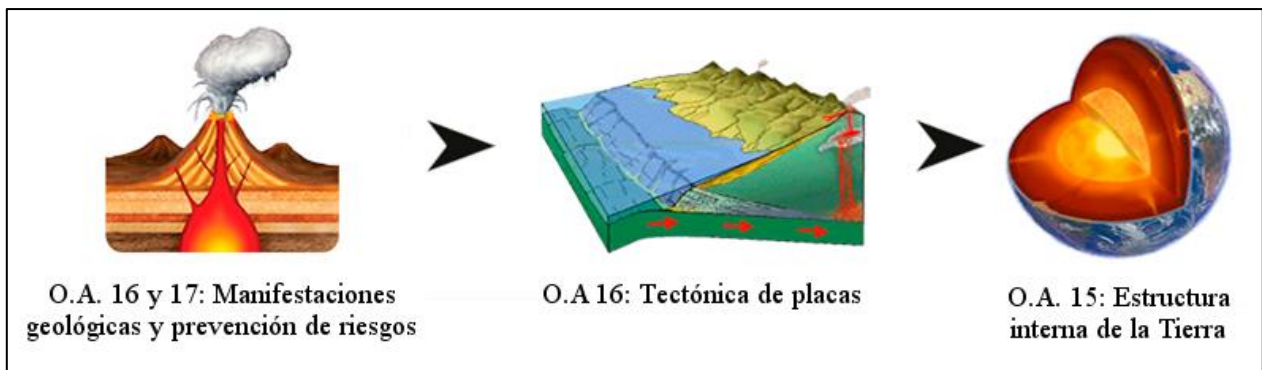


Figura 4: Esquema de la secuencia para el grupo B.

En la tabla 3 se resume la secuencia utilizada para el grupo B.

Tabla 3: Secuencia curricular inversa

Semana	O.A.	Horas pedagógicas	Unidad didáctica
0	-	1	Prueba de diagnóstico
1	16	3	Volcanes
2	16 y 17	3	Terremotos y tsunamis
3	16 y 17	3	Terremotos
4	15 y 16	3	Tectónica de placas
5	15	3	Estructura interna de la Tierra
6	-	2	Prueba final

4.2.2.- Planificación de las clases

La planificación de las clases es la etapa previa a realizar una clase y consiste en explicitar los objetivos de la clase, las habilidades y conocimientos que se abordarán, los materiales a utilizar, las actividades a realizar entre otros aspectos.

Para la planificación se utilizó una plantilla de planificación (Figura 5). El detalle sobre la planificación de cada una de las unidades se adjunta en los anexos C, D, E, F y G.

ASIGNATURA		CURSO	
EJE		FECHA	
UNIDAD DIDÁCTICA			
ACTITUDES			
HABILIDADES			
OBJETIVO APRENDIZAJE			

Objetivos de la clase	Contenidos	Actividades	Recursos	Evaluación	Reflexión

Figura 5: Plantilla para la planificación de las clases.

Planificación clase a clase.

A continuación se presenta un resumen de los temas abordados clase a clase, esta planificación corresponde a la utilizada con el grupo B. La planificación utilizada para el grupo A es análoga pero inversa, con algunos cambios menores. El material utilizado se puede descargar desde <https://educacioncienciasdelatierra.wordpress.com/2015/02/28/material-ciencias-de-la-tierra-cuarto-basico/>

Semana 0 – Prueba de diagnóstico:

Aplicación del instrumento de evaluación.

Semana 1 – Volcanes: Estudio de volcanes y lava.

Estudio de la estructura interna de los volcanes (cráter, chimenea, edificio volcánico y cámara magmática), los tipos de erupciones y otros elementos como el comportamiento de la lava y su relación con la formación de rocas volcánicas. Exposición de videos, como el que muestra la Figura 6, y desarrollo de la guía de trabajo adjunta en los anexos.



Figura 6: Video de la relación entre la lava y las rocas volcánicas (“Deaf lava boy! Grab some fresh lava!” en www.youtube.com)

Semana 2 – Tsunamis y terremotos:

Estudio de la geología detrás de tsunamis y terremotos e introducción del concepto de placas utilizando presentaciones con diapositivas, videos, como el de la Figura 7, y guías de trabajo.

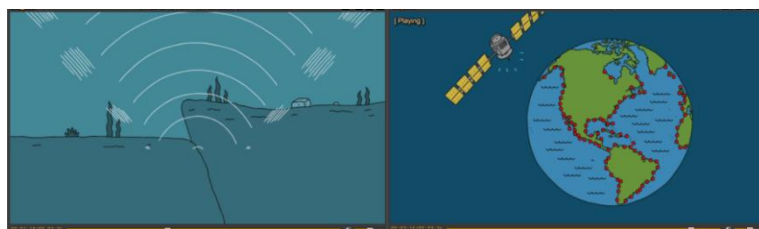


Figura 7: Video de las causas, consecuencias y prevención de riesgos de tsunamis (“How tsunamis work – Alex Gendler” en www.youtube.com)

Semana 3 – Terremotos:

Relato de las experiencias personales de los niños asociadas al terremoto de Febrero del 2010 y estudio de sus consecuencias. Elaboración de medidas de prevención de riesgos con énfasis en la importancia de tener una cultura preventiva. Toma de algunas medidas preventivas en la sala como seguir las instrucciones del profesor y mantener las vías de acceso y pasillos despejados.

Semana 4 – Tectónica de placas:

Estudio de la relación entre el movimiento de las placas tectónicas y los fenómenos estudiados antes. Utilización de presentaciones con diapositivas, guías de trabajo y videos, destacándose un video de tectónica de placas para niños que muestra la Figura 8.

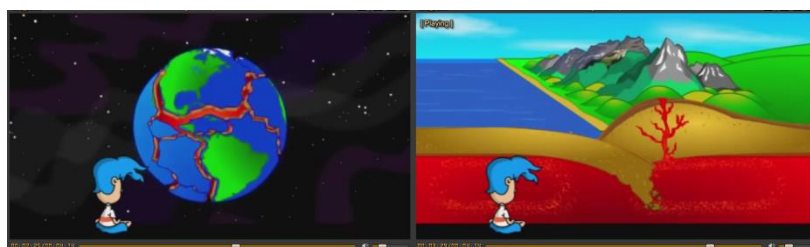


Figura 8: Video de tectónica de placas para niños (“Billy Blue Hair – Where do Mountains Come From?” en www.youtube.com)

Semana 5 – Estructura interna de la Tierra:

Estudio sobre la evolución planetaria, la estructura interna actual de la Tierra, su importancia para la tectónica de placas y cómo afecta a la superficie. Se utilizaron presentaciones con diapositivas, guías de trabajo y videos como los que muestra la figura 9.

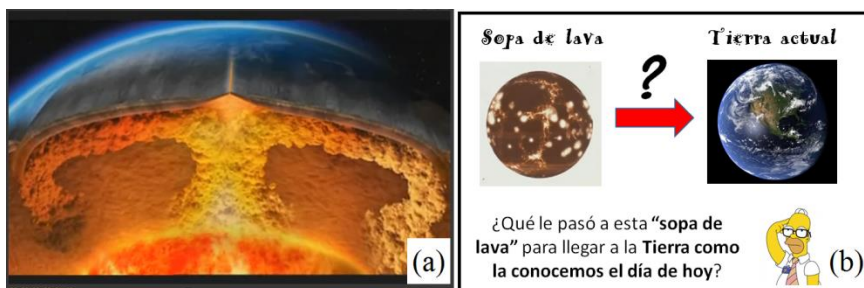


Figura 9: (a) Video de la dinámica interna de la Tierra (“plate tectonics” en www.youtube.com) (b) Presentación con diapositivas (elaboración propia).

Semana 6 – Prueba final:

Aplicación del instrumento de evaluación final adjunto en el anexo B.

4.2.3.- Instrumento de evaluación

Para la evaluación los logros del aprendizaje de los estudiantes se desarrolló un instrumento de evaluación que consta de 15 ítems, 10 de selección múltiple, 1 de completación y 4 de preguntas abiertas. Los temas asociados a cada ítem se desglosan en la tabla 4 y el instrumento se adjunta en los anexos A y B.

Este instrumento fue utilizado en dos momentos: El primero al inicio de la primera clase a modo de prueba de diagnóstico y el segundo al final de la última clase a modo de prueba final.

Tabla 4: Descripción de ítems del instrumento de evaluación.

Ítem	Tema	O.A.	Forma
1	Ocurrencia de fenómenos	16	Selección múltiple
2	Terremotos	16	Selección múltiple
3	Estructura interna de la Tierra	15	Selección múltiple
4	Volcanes	16	Selección múltiple
5	Estructura interna de la Tierra	15	Selección múltiple
6	Volcanes	16	Selección múltiple
7	Placas tectónicas	15	Selección múltiple
8	Tsunamis	16	Selección múltiple
9	Subducción	16	Selección múltiple
10	Estructura interna de la Tierra	15	Selección múltiple
11	Estructura interna de la Tierra	15	Completación
12	Evolución de la superficie	15 y 16	Pregunta abierta
13	Comparación volcanes	16	Pregunta abierta
14	Comparación volcanes	16	Pregunta abierta
15	Volcanes	16	Pregunta abierta

El objetivo de este instrumento es evaluar los logros del aprendizaje en los principales tópicos abordados durante las clases a partir de preguntas de selección múltiple, donde se espera que los estudiantes respondan sobre los conceptos claves revisados durante las clases, y con preguntas abiertas, donde se espera que los estudiantes demuestren una visión global sobre la tectónica de placas y conecten de forma coherente los conceptos revisados.

4.2.4.- Realización de clases

Las clases se desarrollaron en dependencias de cada uno de los establecimientos durante el periodo comprendido entre el 12 de Mayo y el 2 de Julio de 2014 y estuvieron a cargo del autor de este trabajo en colaboración con los profesores de Ciencias Naturales de cada curso. Los materiales utilizados fueron guías de trabajo impresas, presentaciones de diapositivas y demostraciones experimentales. La implementación del colegio utilizada fue pizarra, plumones, proyector y parlantes.

En las clases participaron un total de 137 estudiantes de cuarto básico, pertenecientes a dos escuelas municipales de la comuna de Cerro Navia. Los estudiantes se dividieron en dos grupos según la secuencia utilizada como muestra la tabla 5.

Tabla 5: Distribución de la muestra

Grupo	Curso	Nº de Estudiantes	Establecimiento
A (Planif. Actual)	1	42	Escuela N°416 - Federico Acevedo Salazar
	2	30	Escuela N°381 - Presidente Roosevelt
B (Planif. Inversa)	3	35	Escuela N°416 - Federico Acevedo Salazar
	4	30	Escuela N°381 - Presidente Roosevelt

Estas clases fueron realizadas de forma tradicional, es decir sin metodologías innovadoras que involucren de una forma más activa a los estudiantes. Se decidió realizar las clases de esta forma pues es el paradigma actual en el que se realizan las clases de ciencia (Cofré, 2010).

4.2.5.- Recolección de datos

Para la elaboración de la síntesis de contenidos de Ciencias de la Tierra presentes en el currículo vigente los documentos vigentes consultados se presentan en la Tabla 6. Esta síntesis se encuentra en la Tabla 9 en el capítulo de resultados.

Tabla 6: Documentos curriculares vigentes.

Curso	Currículo vigente	Referencia
Primero básico	Bases Curriculares Educación Básica 2012	MINEDUC, 2012a
	Bases Curriculares Educación Básica 2013	MINEDUC, 2013a
Segundo básico	Bases Curriculares Educación Básica 2012	MINEDUC, 2012a
	Bases Curriculares Educación Básica 2013	MINEDUC, 2013a
Tercero básico	Bases Curriculares Educación Básica 2012	MINEDUC, 2012a
	Bases Curriculares Educación Básica 2013	MINEDUC, 2013a
Cuarto básico	Bases Curriculares Educación Básica 2012	MINEDUC, 2012a
	Bases Curriculares Educación Básica 2013	MINEDUC, 2013a
Quinto básico	Bases Curriculares Educación Básica 2012	MINEDUC, 2012a
	Bases Curriculares Educación Básica 2013	MINEDUC, 2013a
Sexto básico	Bases Curriculares Educación Básica 2012	MINEDUC, 2012a
	Bases Curriculares Educación Básica 2013	MINEDUC, 2013a
Séptimo básico	Bases Curriculares 7° básico a 2° medio 2013	MINEDUC, 2013c
Octavo básico	Bases Curriculares 7° básico a 2° medio 2013	MINEDUC, 2013c
Primero medio	Bases Curriculares 7° básico a 2° medio 2013	MINEDUC, 2013c
Segundo medio	Bases Curriculares 7° básico a 2° medio 2013	MINEDUC, 2013c
Tercero medio	Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media. Actualización 2009.	MINEDUC, 2009
Cuarto medio	Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media. Actualización 2009.	MINEDUC, 2009

Los datos asociados a la intervención realizada se obtuvieron a partir de la evaluación según el instrumento de evaluación a partir de las pruebas de diagnóstico y final.

5.- MARCO TEÓRICO

5.1.- Marco teórico de conceptos geológicos.

5.1.1.- Estructura interna de la Tierra

La estructura, composición y dinámica del interior de la Tierra es estudiada por distintas ramas de las Ciencias de la Tierra como geología estructural, geofísica de Tierra sólida, geoquímica, petrología, etc. Este campo de estudio ha establecido relaciones cuantitativas fundamentales de la Tierra que nos ayudan a entender la naturaleza del planeta.

La Tierra tiene 4.54 Ga (miles de millones de años). Desde de su nacimiento, a partir de la acreción rápida (crecimiento a partir de la incorporación de cuerpos menores) se ha desarrollado la diferenciación planetaria, proceso en que el cuerpo planetario se divide en capas a partir del comportamiento físico y químico de sus constituyentes (Brent, 2001; Kleine et al., 2002) como esquematiza la figura 10.

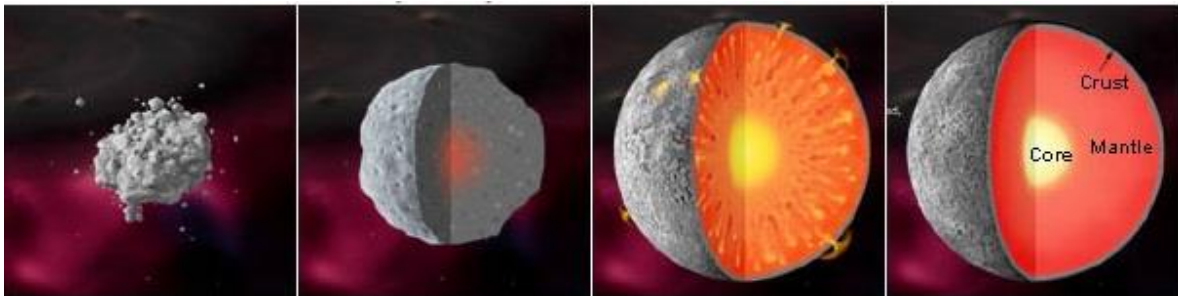


Figura 10: Evolución planetaria (Smithsonian National Museum of Natural History, 2014)

Las capas de la Tierra

La división del interior del planeta más utilizada es la división según capas, en núcleo interno, núcleo externo, manto y corteza. Esta división viene del comportamiento que exhiben las ondas sísmicas al atravesar la Tierra. La figura 11 muestra la diferencia de velocidades de las ondas sísmicas (V_p y V_s), su relación con la densidad (ρ) y el radio del planeta.

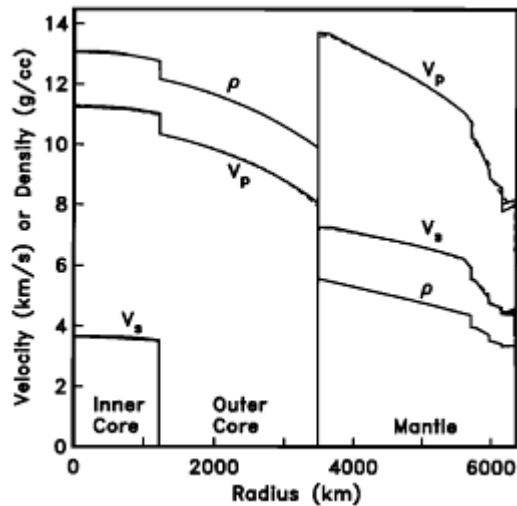


Figura 11: Velocidades sísmicas y densidad versus radio (Master y Shearer, 1995)

Núcleo interno

El núcleo interno es la porción más interna del planeta, consiste en un sólido cristalino con forma esférica irregular de 1220 kilómetros de radio, compuesto principalmente de hierro y con una temperatura de cercana a los 6000°C (McDonough, 2003; Antonangeli et al., 2010; Dai et al., 2012; Anzellini et al., 2013).

Desde el descubrimiento del núcleo de la Tierra (Oldham, 1906) y del núcleo interno por Lehmann en 1936 a través de la velocidad de las ondas sísmicas, su composición ha sido un tema controversial. En la década del sesenta se estableció que el hierro con una fracción menor de níquel son los componentes principales del núcleo (Birch, 1964), sin embargo datos modernos indican que la densidad del núcleo es menor a un núcleo teórico de hierro-níquel puro, por tanto es relevante entender el rol de los elementos más livianos. Cálculos termodinámicos y sísmicos sugieren una proporción de ~91 wt. % de hierro-níquel y ~8.5 wt. % de silicio-azufre (Alfè, 2002) mientras que estudios experimentales de ondas de sonido en aleaciones Fe-Ni-Si sugieren proporciones de 93~95 wt. % de hierro, 4~5 wt. % de níquel y 1~2% wt.% de silicio (Antonangeli et al. 2010). Si bien no hay consenso en la composición exacta, se acepta la predominancia del hierro, con menor presencia de níquel, silicio, azufre y oxígeno. La temperatura tampoco es consenso, a través del estudio de la temperatura de fusión del hierro a altas presiones se han obtenido valores desde 4577 ± 200 °C (Boehler, 1993) hasta 5957 ± 500 °C (Anzellini et al., 2013).

Núcleo externo

El núcleo externo es la parte del planeta que rodea al núcleo interno, posee un espesor de 2260 km y corresponde a un fundido de una aleación de hierro con un ~10% de elementos livianos, entre los que se sugieren oxígeno, azufre, silicio, carbono e hidrógeno. Su temperatura varía entre los 6000°C en la parte interna hasta unos 4000°C en su parte externa (Poirier, 1994; McDonough, 2003; Van del Hilst et al., 2007; Anzellini et al., 2013).

El fundido metálico del núcleo externo posee una baja viscosidad (unas 10 veces menor a la viscosidad del metal fundido a la misma temperatura en superficie), lo que se relaciona, entre otras cosas, con corrientes convectivas turbulentas que originan el campo magnético terrestre (de Wijs et al., 1998; Buffet, 2010).

Manto

El manto es la porción del planeta que rodea al núcleo externo, posee un espesor de 2900 km y corresponde a un cuerpo de roca silicatada que ocupa el 84% del volumen total de la Tierra. Su temperatura varía entre los 4000°C en su parte interna y 150°C a 900°C en su parte externa (McDonough, 2003; Rooney et al., 2012).

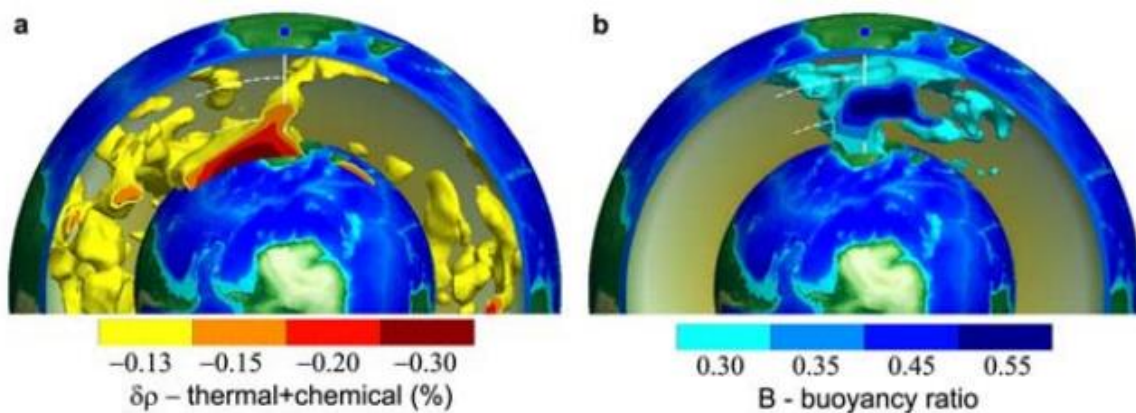


Figura 12: Evidencias para las celdas de convección en el manto, la línea vertical blanca y la proyección de la Tierra en el límite núcleo-manto son referenciales. (a) Suma de los campos de densidad térmica y químicamente inducidos
(b) Campos de empuje de la superpluma africana (Simmons et al., 2007)

La composición química del manto es heterogénea y los elementos mayores que la componen son oxígeno (44%), magnesio (23%), silicio (22%), hierro (6%), calcio (2%) y aluminio (2%) (Allègre et al., 1995; Jackson, 2000).

A partir de tomografías sísmicas, modelaciones computacionales y cálculos termodinámicos, entre otras técnicas hoy es consenso la existencia de celdas de convección en el manto que se ilustran en la figura 12. Este transporte de calor a través del movimiento de materia se considera principal responsable del movimiento de las placas tectónicas y a la vez que la configuración tectónica determina los patrones de la convección del manto (Gurnis 1988; Simmons et al., 2007; Forte et al., 2010)

Corteza

La corteza terrestre es la parte sólida más externa del planeta, su espesor varía entre los 5 km en la corteza oceánica hasta los 70 km en las partes más gruesas de la corteza continental y está separada del manto por la discontinuidad de Mohorovičić. Su composición es mayormente óxidos de silicio. La tabla 7 muestra la distribución de óxidos en su composición. (Rudnick y Gao, 2003).

Tabla 7: Comparación de la composición de la corteza superior, media e inferior (Rudnick y Gao, 2003)

<i>Element</i>	<i>Upper crust</i>	<i>Middle crust</i>	<i>Lower crust</i>	<i>Total crust</i>
SiO ₂	66.6	63.5	53.4	60.6
TiO ₂	0.64	0.69	0.82	0.72
Al ₂ O ₃	15.4	15.0	16.9	15.9
FeO _T	5.04	6.02	8.57	6.71
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10
MgO	2.48	3.59	7.24	4.66
CaO	3.59	5.25	9.59	6.41
Na ₂ O	3.27	3.39	2.65	3.07
K ₂ O	2.80	2.30	0.61	1.81
P ₂ O ₅	0.15	0.15	0.10	0.13
Total	100.05	100.00	100.00	100.12

La corteza terrestre se divide en corteza continental y corteza oceánica según su origen. La corteza oceánica nace a partir de la solidificación del magma proveniente de la fusión parcial del manto en las dorsales oceánicas y se recicla en las zonas de subducción, mientras la corteza continental tiene una compleja historia de procesos de diferenciación, donde podemos encontrar rocas muy jóvenes hasta rocas formadas en los primeros años del planeta con un amplio rango composicional (Hoffman 1988; Rudnick y Gao, 2003; Tang et al., 2012). La figura 13 muestra la distribución de la corteza continental y la corteza oceánica.

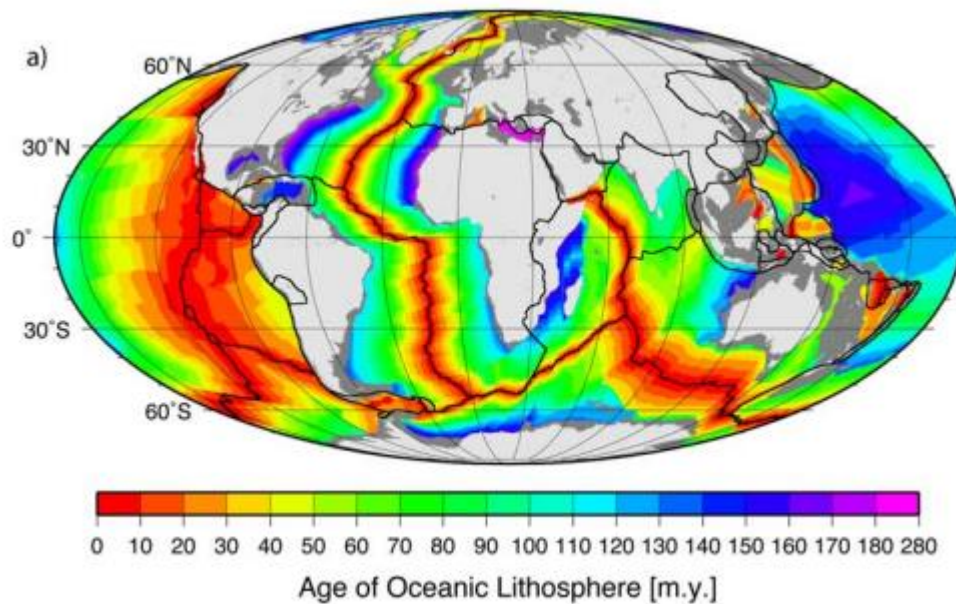


Figura 13: En colores se muestra la corteza oceánica según su edad y en grises se muestra la corteza continental (Müller et al., 2008).

5.1.2.- Tectónica de placas

La tectónica de placas es una teoría integradora en Ciencias de la Tierra que describe las dinámicas de la litósfera terrestre. Su desarrollo comenzó con el concepto de deriva continental propuesto por Alfred Wegener en 1912 y fue aceptada por gran parte de la comunidad científica en los años 60 con el descubrimiento de la expansión del fondo oceánico (Pérez-Malvárez y Bueno, 2003, Pérez-Malvaes et al., 2006).

Expansión del fondo oceánico.

La expansión del fondo oceánico fue propuesta como explicación para las anomalías magnéticas detectadas en muestras del piso oceánico por Vine y Matthews en 1963. Ellos propusieron que la combinación de la generación de nuevo piso oceánico y la inversión periódica del campo magnético terrestre explicaban esas anomalías como esquematiza la figura 14 (Condie, 2003). El sistema por el cual el material que asciende desde el manto es conocido como dorsal oceánica o dorsal meso-oceánica.

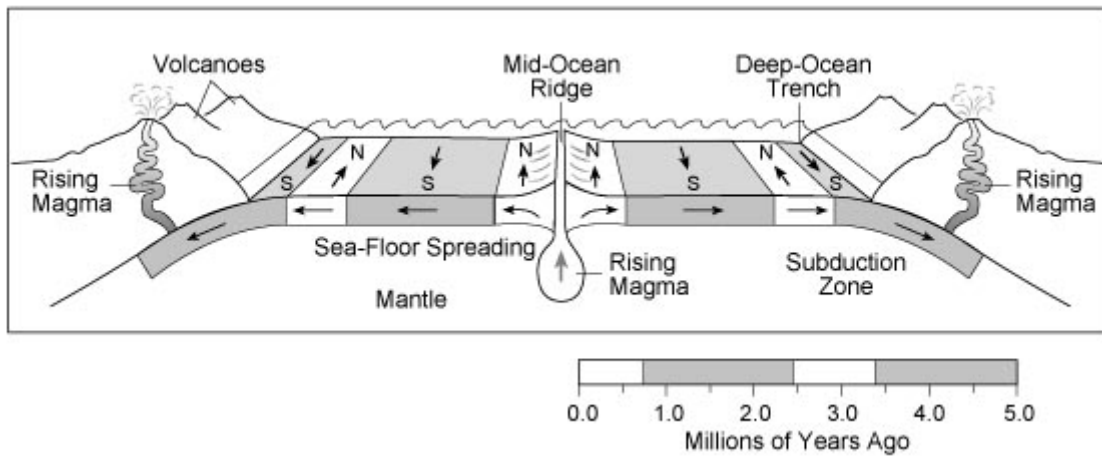


Figura 14: Esquema de la expansión del piso oceánico y la inversión del campo magnético terrestre (Lang, 2010)

Placas tectónicas

La litósfera (corteza y parte superior del manto) tiene un comportamiento frágil y se configura como un mosaico de placas tectónicas de distinto orden de tamaños (Condie, 2003). Estas placas van cambiando su forma, desplazamiento y tamaño a lo largo del tiempo. Hoy se reconocen 7 placas mayores (Africana, Euroasiática, Norte americana, Sudamericana, Pacífico y Australiana), 8 placas menores (India, Arábica, Caribe, Juan de Fuca, Cocos, Nazca, Filipina y Scotia) y se han propuesto otras 63 micro placas o placas terciarias (Bird, 2003). La figura 15 muestra la división de las placas mayores y menores.

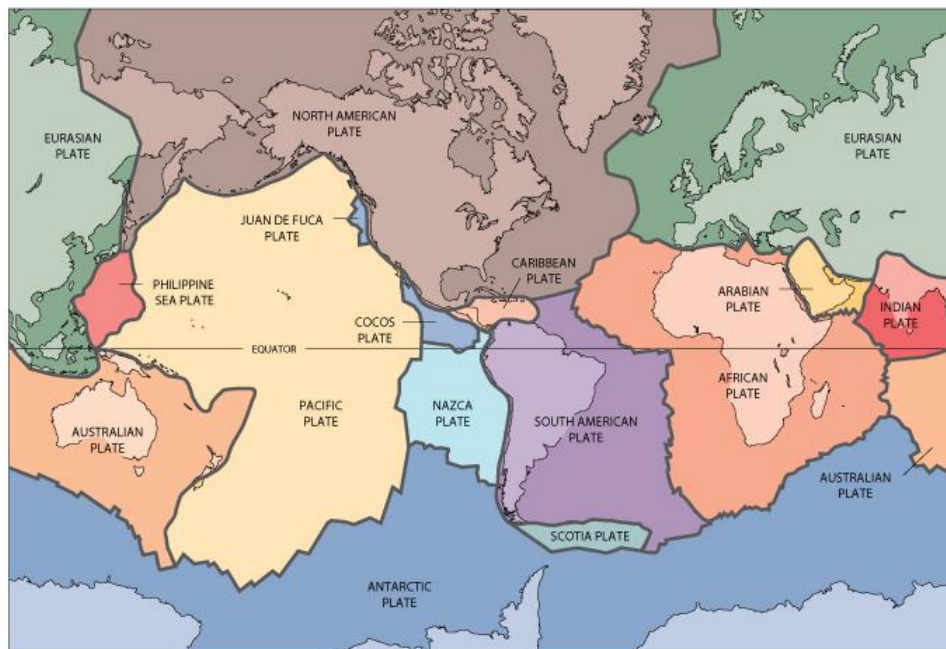


Figura 15: Distribución de las placas mayores y menores (USGS, 2011).

Márgenes de placa

De acuerdo con el movimiento relativo, existen tres tipos de márgenes entre placas tectónicas: convergente, divergente y transformante.

Los márgenes convergentes se dan cuando el movimiento de las placas es opuesto y convergente. Existen tres tipos según las placas involucradas: Oceánica-Continental, Oceánica-Oceánica y Continental-Continental. En este tipo de márgenes se produce subducción cuando una placa es más densa que otra y se mete por debajo como es el caso del margen chileno y el alzamiento de la cordillera de los Andes y se produce colisión cuando las placas tienen densidades similares, como el caso de la placa de India colisionando con la placa Euroasiática y el alzamiento de los Himalayas.

Los márgenes divergentes se dan cuando el movimiento de las placas es opuesto y divergente. Este es el caso de las dorsales y la expansión del piso oceánico como muestra la figura 14 y los márgenes transformantes se dan cuando las placas se mueven en la misma dirección pero en sentidos opuestos.

Subducción

Un caso particular de márgenes de placa convergentes -relevante para Chile- es el proceso de subducción que caracteriza su configuración tectónica y las consecuencias que acarrea. La historia geológica de lo que hoy es Chile es compleja y se pueden reconocer tres etapas principales (1) La acreción de terrenos al margen del supercontinente Gondwana, (2) El quiebre de Gondwana y desarrollo de cuencas extensionales y (3) Una última etapa a partir de la cual se desarrolla la subducción moderna (Charrier, 1979; Ramos et al., 1986; Fock, 2005; Farías, 2007). Por simplificación no se hará un análisis histórico de la subducción y solo se mostrará la subducción actual de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana a la altura de Santiago.

A partir de datos geofísicos Farías 2007 presenta una geometría rampa-planicie de la subducción y la configuración de las principales unidades morfotectónicas (depresión central, cordillera principal y cordillera frontal) (Figura 16 y 17). En dicho trabajo Farías concluye que la geometría propuesta explica la configuración geológica que hoy conocemos.

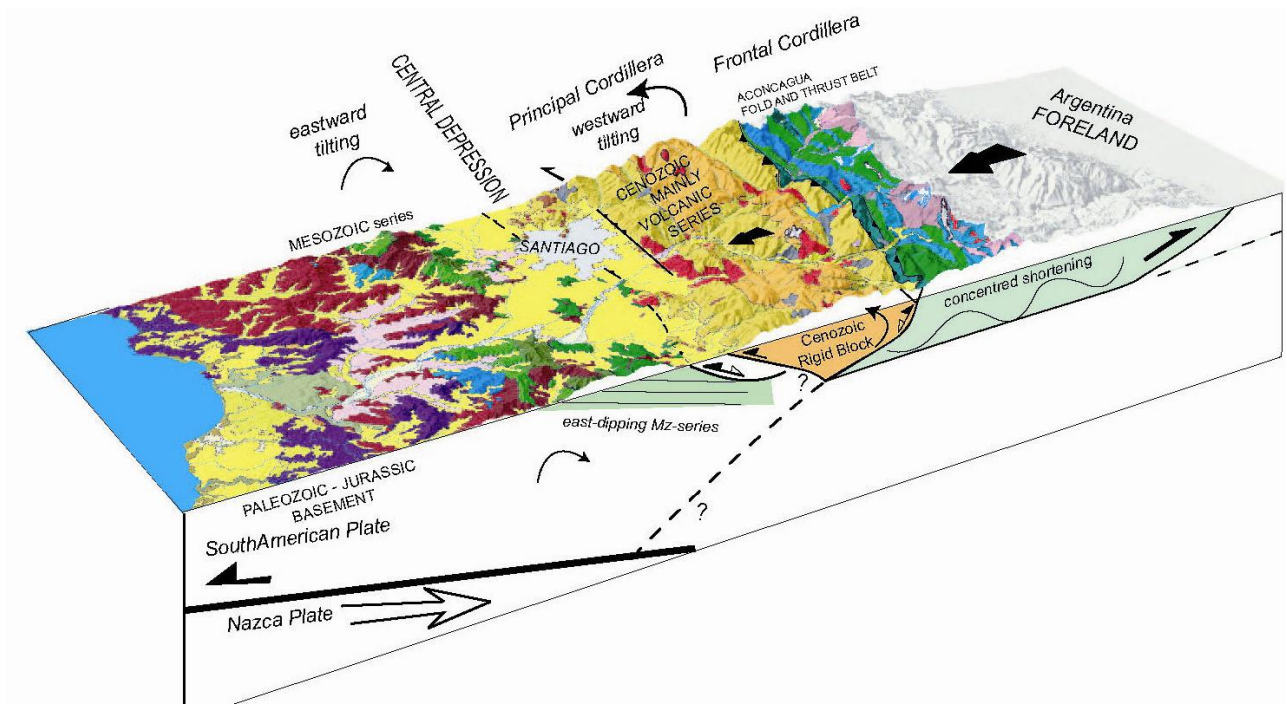


Figura 16: Esquema 3D de la configuración de las unidades morfoestructurales y su relación espacial con la subducción de Nazca (Farías, 2007).

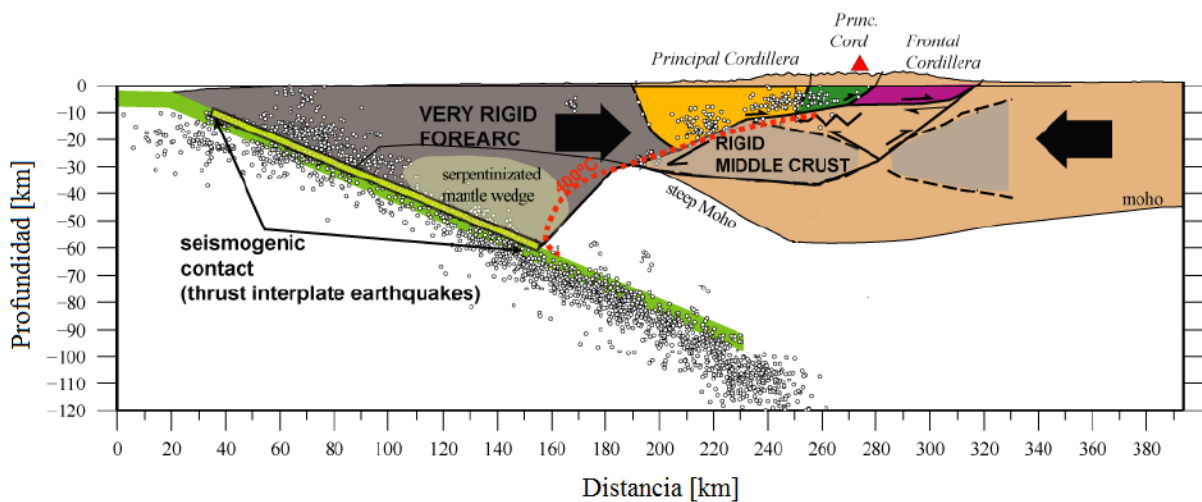


Figura 17: Configuración actual de la corteza a los 33,5° S (Modificado de Farías, 2007)

Como consecuencia de comportamiento histórico y actual de las placas presentes en el margen chileno se le atribuye a dicha actividad: El alzamiento de la Cordillera de los Andes a partir del acortamiento tectónico y la exhumación, la alta sismicidad y el volcanismo.

5.1.3.- Sismicidad

En Chile central se reconocen tres zonas sismogénicas principales, una superficial de 0-50 km de profundidad (Zona A), una zona profunda 70-100 km de profundidad (Zona B) y una zona muy superficial de 0-20 km de profundidad en la Cordillera de los Andes (Zona C) (Barrientos et al., 2004). Mostradas en la Figura 18.

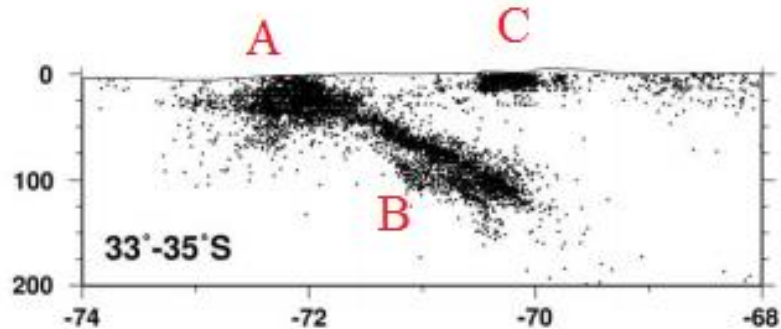


Figura 18: Sección transversal de focos sísmicos en Chile central (modificada de Barrientos et al., 2004)

Toda esta sismicidad tiene origen tectónico pero diferentes mecanismos, entre los que se puede nombrar los altos topográficos de la corteza oceánica que entran en contacto con la corteza continental como muestra la figura 19 (Cloos y Shreve, 1996) o los procesos de deformación de la corteza superior a partir del desplazamiento de fallas (Barrientos, 2004).

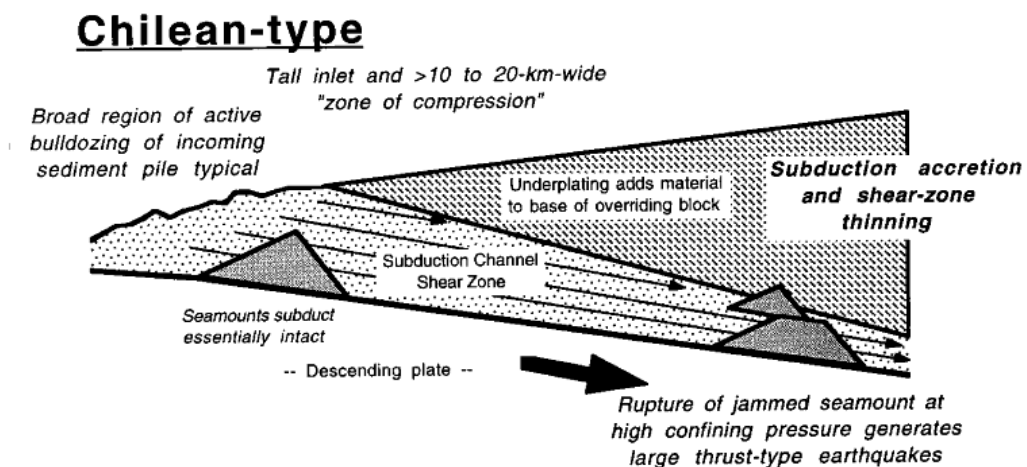


Figura 19: Asperezas sismogénicas en la subducción tipo chilena (Cloos y Shreve, 1996)

5.1.4.- Volcanismo

La relación genética entre la subducción y el volcanismo andino se confirma a partir de datos geoquímicos que indican que la generación de los magmas andinos proviene fundamentalmente de la deshidratación y fusión de la corteza oceánica y la interacción de esos fluidos y fundidos con el manto subyacente a la placa continental, la figura 20 ilustra dicha génesis (Stern, 2004).

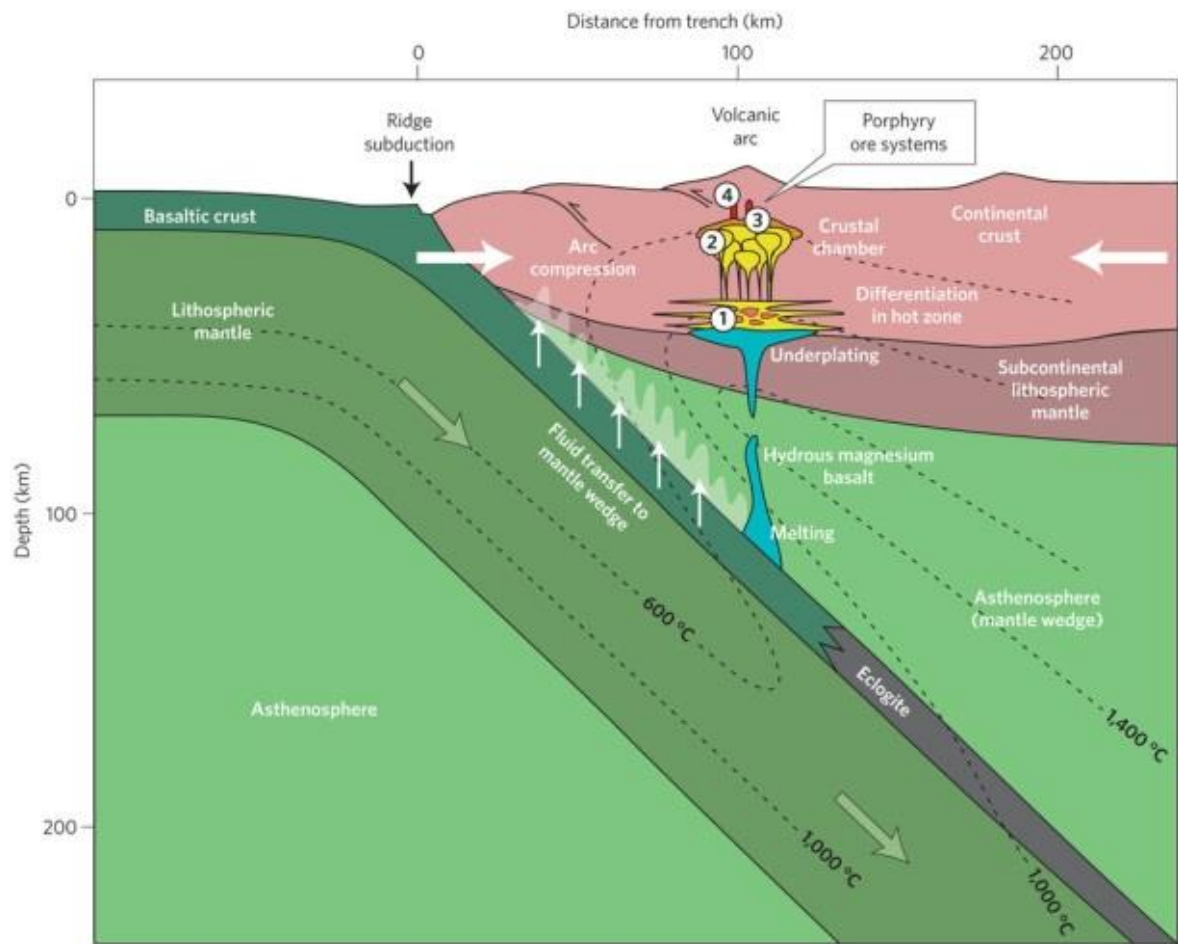


Figura 20: Esquema del magmatismo andino (Willkinson, 2013)

5.2.- Marco teórico de educación científica

5.2.1.- Alfabetización científica

Definición de Alfabetización Científica

En un mundo donde los avances científicos y tecnológicos continúan acarreado grandes cambios para la vida en sociedad, es una constante preocupación el cómo nos planteamos la educación científica y tecnológica para los ciudadanos. En este contexto surge en la década de los 50' el término alfabetización científica, el cual expresa el grado de dominio que poseen las personas sobre la ciencia. Así, podríamos decir que una persona con un alto grado de alfabetización científica no solo conoce las principales leyes básicas del mundo que lo rodea, sino también está relacionado con el modo de hacer ciencia, enfrenta situaciones desde una perspectiva científica (con conocimientos y métodos) y comprende la ciencia como una empresa cultural compleja. En este trabajo se entenderá por alfabetización científica la definición entregada por la OCDE en 2009:

La alfabetización científica es la capacidad de un individuo de:

- Poseer conocimiento científico y utilizar ese conocimiento para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos y sacar conclusiones basadas en evidencias.
- Comprender los rasgos específicos de la ciencia como una forma de conocimiento y búsqueda humana.
- Ser consciente de cómo la ciencia y tecnología dan forma a nuestro mundo material, intelectual y cultural.
- Tener la voluntad de involucrarse, como un ciudadano reflexivo, en temas relativos a la ciencia y a las ideas sobre la ciencia.

En la actualidad, la alfabetización científica y tecnológica ha sido considerada como un imperativo estratégico de los países (UNESCO-CIUC, 1999) y diversos llamados han sido realizados con el fin de que las reformas educativas en diferentes países contemplen la alfabetización científica como una de sus finalidades principales (UNESCO/OREALC, 2005). Estos llamados apuntan también a que el desarrollo de la alfabetización científica como una competencia no solo permitirá mejorar la toma de decisiones de los futuros ciudadanos sino

también generar un mayor interés en los jóvenes por desarrollarse en profesiones científicas y tecnológicas (Bencze and Bowen, 2009; Laugksch, 2000).

Si bien hay consenso en que los objetivos de la educación científica son más amplios que la entrega de un cuerpo de conocimientos, es importante destacar que el término “alfabetización científica” ha sido objeto de debate desde que fuera introducido en la década del 50 (Hurd, 1958). Se han hecho múltiples intentos para definirlo, pero ninguno ha alcanzado una aceptación universal (DeBoer, 2000). Esta vaguedad en su definición cobra especial sentido cuando las reformas educacionales de los países toman como norte la alfabetización científica sin tener la total claridad de qué es lo que se busca.

Medición de la alfabetización científica

Es importante comprender que la alfabetización científica no es una situación de “sí o no”, sino que existen niveles. Para la medición del nivel de alfabetización científica se han propuesto varias escalas, siendo la más aceptada la propuesta por Bybee en 1997, la cual establece una escala del 1 al 5, donde el 1 es el analfabetismo científico y el 5 es la alfabetización científica multidimensional. En la tabla 8 se muestra la escala propuesta por Bybee.

Tabla 8: Escala teórica del nivel de alfabetización científica (Bybee, 1997)

Escala	Nivel	Descripción
1	Analfabetismo científico	Las personas no relacionan ni responden preguntas sobre ciencia. No tienen el vocabulario, conceptos, contextos o capacidades cognitivas para identificar una pregunta como científica.
2	Alfabetización científica nominal	Las personas comprenden o identifican preguntas o conceptos, sin embargo su entendimiento se caracteriza por la presencia de ideas erróneas, conceptos inexactos y teorías ingenuas.
3	Alfabetización científica funcional	Las personas usan vocabulario científico y tecnológico solo en contextos específicos, como una clase de ciencias, pero el conocimiento es predominantemente memorístico y superficial.
4	Alfabetización científica conceptual	Las personas comprenden conceptos científicos y cómo estos se relacionan con la globalidad de la disciplina científica, con métodos y

		procedimientos de investigación. Identifican esquemas conceptuales mayores y comprenden la estructura de las disciplinas científicas.
5	Alfabetización científica multidimensional	Las personas se caracterizan por una comprensión de la Ciencia que se extiende más allá de disciplinas científicas y procedimientos de investigación. Este nivel de alfabetización incluye dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y la tecnología. Hay un aprecio por la ciencia como empresa cultural y se establecen relaciones entre las disciplinas, y entre la ciencia y la sociedad.

Alfabetización científica en Chile

El nivel de alfabetización científica en Chile ha mostrado algunos resultados poco alentadores. Así, por ejemplo, el estudio PISA 2006, centrado en la competencia científica, muestra que el 32% de los estudiantes evaluados no alcanza el nivel 2. Estos resultados se mantienen en PISA 2009. Aunque el Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE) no tiene un enfoque de alfabetización científica, los resultados de aprendizaje en ciencias en 4to básico revelan que un 43% de los estudiantes se ubicó en el nivel 1 en 2007, y un 39% en 2009. Para 8vo básico, la tendencia es similar (MINEDUC, 2010). Estos datos permiten interpretar que el dominio científico es un problema no resuelto a lo largo del sistema educativo chileno (Navarro y Förster, 2012).

Alfabetización en Ciencias de la Tierra

Las Ciencias de la Tierra constituyen un campo científico que ha experimentado un desarrollo vertiginoso desde sus inicios y ha incorporado componentes cuantitativos que han incrementado su capacidad descriptiva, explicativa y predictiva. Esto ha hecho que las Ciencias de la Tierra resulten imprescindibles para dar respuesta a muchas de las preguntas y demandas que plantea la sociedad del siglo XXI. En este contexto se ha acuñado el término “alfabetización en Ciencias de la Tierra” como un subsector de la alfabetización científica que permite identificar los elementos claves que toda persona debería poseer en sobre esta disciplina.

El año 2012 la Asociación española para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT) convocó a todas las organizaciones españolas relacionadas con la geología y su enseñanza a

trabajar en un estudio sobre la situación de las ciencias de la Tierra en la educación escolar nacional con el fin de proponer un marco para el currículo escolar español. La definición de alfabetización en Ciencias de la Tierra según la AEPECT es la capacidad del individuo de:

- Tener una visión de conjunto acerca de cómo funciona la Tierra y saber utilizar ese conocimiento básico para explicar, por ejemplo, la distribución de volcanes y terremotos, o los rasgos más generales del relieve, o para entender algunas de las causas que pueden generar cambios globales en el planeta.
- Disponer de cierta perspectiva temporal sobre los profundos cambios que han afectado a nuestro planeta en el pasado y a los organismos que lo han poblado, de manera que le proporcione una mejor interpretación del presente.
- Entender algunas de las principales interacciones entre la humanidad y el planeta, los riesgos naturales que pueden afectarle, su dependencia para la obtención de los recursos y la necesidad de favorecer un uso sostenible de ellos.
- Ser capaz de buscar y seleccionar información relevante sobre algunos de los procesos que afectan a la Tierra, formular preguntas pertinentes sobre ellos, valorar si determinadas evidencias apoyan o no una conclusión, etc.
- Saber utilizar los principios geológicos básicos y los procedimientos más elementales y usuales de la geología, y valorar su importancia para la construcción del conocimiento científico sobre la Tierra.

Debido a que los esfuerzos por caracterizar la alfabetización en Ciencias de la Tierra son muy recientes aún no existe consenso en su definición ni en sus alcances.

Con respecto a la alfabetización en Ciencias de la Tierra en Chile, no hay estudios realizados que indaguen sobre el nivel de alfabetización en la escuela o en la población en general.

5.2.2.- Aprendizaje escolar

Las metas del aprendizaje en las escuelas han sufrido cambios mayores durante el último siglo. Las expectativas de la sociedad son mucho mayores hoydía que hace cien años. Este cambio en el rol social de la escuela moderna debe venir de la mano de cambios mayores en la forma en la que

entendemos el proceso escolar. Uno de estos cambios es la modernización del proceso educativo a la luz del nuevo conocimiento que se tiene del proceso de aprendizaje y de los factores que lo condicionan (Bransford et al, 2000). En los últimos 30 años, las Ciencias del Aprendizaje, entre las que se encuentran la psicología cognitiva, la psicología del desarrollo, la psicología social, las neurociencias y otras, han generado aportes en torno al entendimiento del proceso del aprendizaje, dentro de los más relevantes en el ámbito escolar se encuentran:

1) **Conocimiento existente:** Los educandos entran a la etapa escolar con una base de conocimientos, habilidades y creencias que influyen significativamente su habilidad de recordar, razonar, resolver problemas y adquirir nuevo conocimiento. La visión contemporánea del aprendizaje indica que las personas construyen el nuevo conocimiento y entendimiento basado en lo que ya saben y creen. Por tanto la extensión lógica es que los educadores deben prestar atención al conocimiento existente de los educandos con el fin de usarlo como base para alcanzar una comprensión más madura. Si este conocimiento es ignorado, la comprensión que logren los educandos puede diferir de lo que el educador espera.

2) **Ambiente de aprendizaje:** La visión moderna del desarrollo cognitivo ha establecido que con un ambiente de aprendizaje apropiado la capacidad de razonamiento avanzado y entendimiento profundo puede lograrse a edades tempranas. La creación de un ambiente de aprendizaje correcto es una mezcla compleja de aprendizaje activo centrado en el estudiante, evaluaciones que fomenten el entendimiento por sobre la memoria o la mecanización y un contexto de comunidad de aprendizaje con metas comunes. El contexto de normas, expectativas y set socioculturales ha demostrado influenciar poderosamente el aprendizaje y la transferencia.

3) **Desarrollo de competencias:** Con el fin de lograr una comprensión profunda en un área del saber, se deben desarrollar estrategias educativas que consideren: (a) Tener un fundamento profundo del conocimiento, pues no basta solo enseñar habilidades. (b) Comprender hechos e ideas en el contexto de un marco conceptual, pues un conocimiento profundo pero desorganizado es inútil y (c) Organizar el conocimiento de manera que se facilite su recuperación y aplicación, pues el objetivo es que la comprensión de un área transforme la información en conocimiento utilizable en nuevos problemas y contextos, proceso conocido como transferencia.

4) **Metacognición:** Entendida como el 'pensamiento estratégico sobre el aprendizaje propio' generalmente toma forma como un diálogo interno en el cual monitorean las actividades, se piensan estrategias, se detectan errores, se planea el tiempo, etc. La enseñanza de actividades metacognitivas debe ser incorporada al tema que los educandos están aprendiendo. Está demostrado que el desarrollo de habilidades metacognitivas promueve la transferencia.

5.2.3.- Progresión del aprendizaje

Por su naturaleza misma el aprendizaje involucra progresión. Los profesores necesitan entender el camino a lo largo del cual se espera que los estudiantes progresen. Producto de esta necesidad se ha acuñado el término “Progresión del aprendizaje” para demarcar aquel camino. Si bien no existe una definición de consenso, los diversos autores que lo han definido coinciden en referirse a él como una secuencia ordenada de conocimientos y habilidades organizadas con el fin de alcanzar los objetivos más complejos (Masters y Forster, 1997; Wilson y Bertenthal, 2005; Stevens et al., 2007; Popham, 2007; Smith et al., 2006). En este trabajo se adoptará la definición entregada por Popham 2007 quien define la progresión del aprendizaje como un set de bloques de construcción cuidadosamente secuenciados con el objetivo de dominar un objetivo curricular más distante. Para ilustrar la definición, si el objetivo curricular es que los estudiantes sean hábiles escritores de textos persuasivos, una progresión del aprendizaje para este objetivo debe incluir la subhabilidad que requieren los estudiantes para ser capaces de crear argumentaciones correctas para una determinada posición. Para dominar esta subhabilidad los estudiantes los estudiantes pueden necesitar conocimiento sobre vocabulario específico, por ejemplo argumentación, validez o justificación. Una progresión completa del aprendizaje para la habilidad de escritura persuasiva puede incluir media docena de subhabilidades (Popham, 2007).

6 – RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio se presentan en dos secciones. La primera es una síntesis de los temas de Ciencias de la Tierra presentes en el currículo vigente a Diciembre del 2014 y la segunda corresponde a los datos levantados a partir de la intervención realizada en los colegios.

6.1.- Ciencias de la Tierra en el currículo vigente

En la tabla 9 se presentan los objetivos de aprendizaje en Ciencias de la Tierra en la educación escolar según lo consignado en los documentos curriculares vigentes (ver tabla 6). Esta síntesis no incluye los objetivos de aprendizaje que se vinculan a Ciencias de la Tierra pero que tienen otro enfoque, se ajustan a otras ramas de la ciencia o bien pertenecen a ciencias básicas transversales, tales como radioactividad, termodinámica, cuerpos celestes y otros.

Tabla 9: Aprendizajes esperados en Ciencias de la Tierra en la educación escolar.

		Asignatura	Aprendizaje Esperado/Objetivo de aprendizaje
1	Primero básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Identificar a Chile en mapas, incluyendo la cordillera de los Andes, el océano Pacífico, la ciudad de Santiago, su región, su capital y su localidad
2	Segundo básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Clasificar y caracterizar algunos paisajes de Chile según su ubicación en la zona norte, centro y sur del país, observando imágenes, y utilizando diversas fuentes y un vocabulario geográfico adecuado (océano, río, cordillera de los Andes y de la Costa, desierto, valle, costa, volcán, archipiélago, isla, fiordo, lago, ciudad y pueblo, entre otros).
3	Tercero básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Caracterizar el entorno geográfico de las civilizaciones estudiadas, utilizando vocabulario geográfico adecuado (continente, valle, montaña, océano, río, archipiélago, mares, península, ciudad, construcciones y monumentos, entre otros.)
4	Cuarto básico	Ciencias Naturales	Describir, por medio de modelos, que la Tierra tiene una estructura de capas (corteza, manto y núcleo) con características distintivas en cuanto a su composición, rigidez y temperatura.
5	Cuarto básico	Ciencias Naturales	Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas).

6	Cuarto básico	Ciencias Naturales	Proponer medidas de prevención y seguridad ante riesgos naturales en la escuela, la calle y el hogar, para desarrollar una cultura preventiva.
7	Cuarto básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Distinguir recursos naturales renovables y no renovables, reconocer el carácter limitado de los recursos naturales y la necesidad de cuidarlos, e identificar recursos presentes en objetos y bienes cotidianos
8	Cuarto básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Reconocer y ubicar los principales recursos naturales de América, considerando su distribución geográfica, su uso, y la importancia de cuidarlos en el marco de un desarrollo sostenible.
9	Quinto básico	Ciencias Naturales	Describir la distribución del agua dulce y salada en la Tierra, considerando océanos, glaciares, ríos y lagos, aguas subterráneas, nubes, vapor de agua, etc., y comparar sus volúmenes, reconociendo la escasez relativa de agua dulce.
10	Quinto básico	Ciencias Naturales	Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.
11	Quinto básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Reconocer y ubicar en mapas recursos naturales significativos de Chile, como cobre, hierro, recursos marítimos y forestales, entre otros; diferenciar recursos renovables y no renovables y explicar la importancia de cuidarlos en el marco de un desarrollo sostenible.
12	Quinto básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Investigar, describir y ubicar los riesgos naturales que afectan a su localidad, como sismos, maremotos, inundaciones, derrumbes y volcanismo, e identificar formas en que la comunidad puede protegerse (construcciones antisísmicas, medidas de seguridad y evacuación en el hogar, en la escuela y en los distintos espacios públicos, entre otros.
13	Sexto básico	Ciencias Naturales	Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano, y proponer medidas de protección de dichas capas.
14	Sexto básico	Ciencias Naturales	Investigar experimentalmente la formación del suelo, sus propiedades (como color, textura y capacidad de retención de agua) y la importancia de protegerlo de la contaminación, comunicando sus resultados.
15	Sexto básico	Ciencias Naturales	Explicar las consecuencias de la erosión sobre la superficie de la Tierra, identificando los agentes que la provocan, como el viento, el

			agua y las actividades humanas.
16	Sexto básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Explicar cómo han influido los desastres naturales en el desarrollo de Chile durante su historia reciente, dando ejemplos de nivel nacional y regional (sismos, volcanismo, sequía, inundaciones y derrumbes, entre otros).
17	Séptimo básico	Ciencias Naturales (Biología)	Investigar y explicar el rol de microorganismos (bacterias y hongos) en la biotecnología, como en la: descontaminación ambiental, producción de alimentos y fármacos, obtención de cobre y generación de metano.
18	Séptimo básico	Ciencias Naturales (Física)	Explicar, con el modelo de la tectónica de placas, los patrones de distribución de la actividad geológica (volcanes y sismos), los tipos de interacción entre las placas (convergente, divergente y transformante) y su importancia en la teoría de la deriva continental.
19	Séptimo básico	Ciencias Naturales (Física)	Explicar, sobre la base de evidencias y por medio de modelos, la actividad volcánica y sus consecuencias en la naturaleza y la sociedad.
20	Séptimo básico	Ciencias Naturales (Física)	Crear modelos que expliquen el ciclo de las rocas, la formación y modificación de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, en función de la temperatura, la presión y la erosión.
21	Séptimo básico	Ciencias Naturales (Física)	Demostrar, por medio de modelos, que comprenden que el clima en la Tierra, tanto local como global, es dinámico y se produce por la interacción de múltiples variables, como la presión, la temperatura y la humedad atmosférica, la circulación de la atmósfera y del agua, de la posición geográfica, la rotación y la traslación de la Tierra.
22	Séptimo básico	Historia, Geografía y Ciencias Sociales	Investigar sobre problemáticas medioambientales relacionadas con fenómenos como el calentamiento global, los recursos energéticos, la sobrepoblación, entre otros, y analizar y evaluar su impacto a escala local.
23	Octavo básico	Ciencias Naturales (Química)	Investigar y argumentar, en base a evidencias, que existen algunos elementos químicos más frecuentes en la Tierra que son comunes en los seres vivos y son soporte para la vida, como el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno.
24	Primero Medio	Ciencias Naturales (Biología)	Explicar, basados en evidencias, que los fósiles: <ul style="list-style-type: none"> • se forman a partir de restos de animales y plantas, • se forman en rocas sedimentarias, • se ubican de acuerdo a su antigüedad, en los estratos de la Tierra.

25	Primero Medio	Ciencias Naturales (Biología)	<p>Explicar y evaluar los efectos de acciones humanas (conservación ambiental, cultivos, forestación y deforestación, entre otras) y de fenómenos naturales (sequías, erupciones volcánicas, entre otras) en relación con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el equilibrio de los ecosistemas, • la disponibilidad de recursos naturales renovables y no renovables, • las posibles medidas para un desarrollo sustentable.
26	Primero Medio	Ciencias Naturales (Física)	<p>Describir el origen y la propagación, por medio del modelo ondulatorio, de la energía liberada en un sismo, considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • los parámetros que las describen (epicentro, hipocentro, área de ruptura, magnitud e intensidad) • los tipos de ondas sísmicas (primarias, secundarias y superficiales), • su medición y registro (sismógrafo y escalas sísmicas), • sus consecuencias directas e indirectas en la superficie de la Tierra (como tsunamis) y en la sociedad, • su importancia en geología, por ejemplo en el estudio de la estructura interna de la Tierra.
27	Tercero Medio	Biología	<p>Identificación de las principales evidencias de la evolución orgánica obtenidas mediante métodos o aproximaciones como el registro fósil, la biogeografía, la anatomía y embriología comparada y el análisis molecular.</p>
28	Tercero Medio	Física	<p>Reconocimiento de los mecanismos físico-químicos que permiten explicar fenómenos que afectan la atmósfera, la litósfera y la hidrósfera (calentamiento global, reducción de la capa de ozono, aumento del nivel de los mares, etc.) y de la responsabilidad humana en el origen de dichos fenómenos.</p>
29	Tercero Medio	Física	<p>Reconocimiento de alternativas de uso eficiente de los recursos energéticos para atenuar sus consecuencias ambientales.</p>
30	Cuarto Medio	Física	<p>Reconocimiento de fenómenos que sustentan las teorías acerca del origen y evolución del universo y que proporcionan evidencia de su expansión acelerada.</p>

6.2.- Resultados a partir de la intervención

A partir de la intervención realizada se recopilieron datos sobre los logros del aprendizaje de los estudiantes de cada grupo (secuencia actual e inversa) según las preguntas del instrumento de evaluación y según los distintos tópicos abordados. Estos datos nos ayudan a relacionar los logros del aprendizaje en función del diseño curricular.

6.2.1.- Resultados según la secuencia utilizada

El primer resultado corresponde al desempeño exhibido por los estudiantes de los dos grupos según la secuencia utilizada. La Figura 21 muestra los resultados de la prueba de diagnóstico y la prueba final, en una escala de 0 a 100%, obtenidos por los cuatro cursos a excepción del curso 3 al cual no fue posible aplicarle la prueba de diagnóstico.

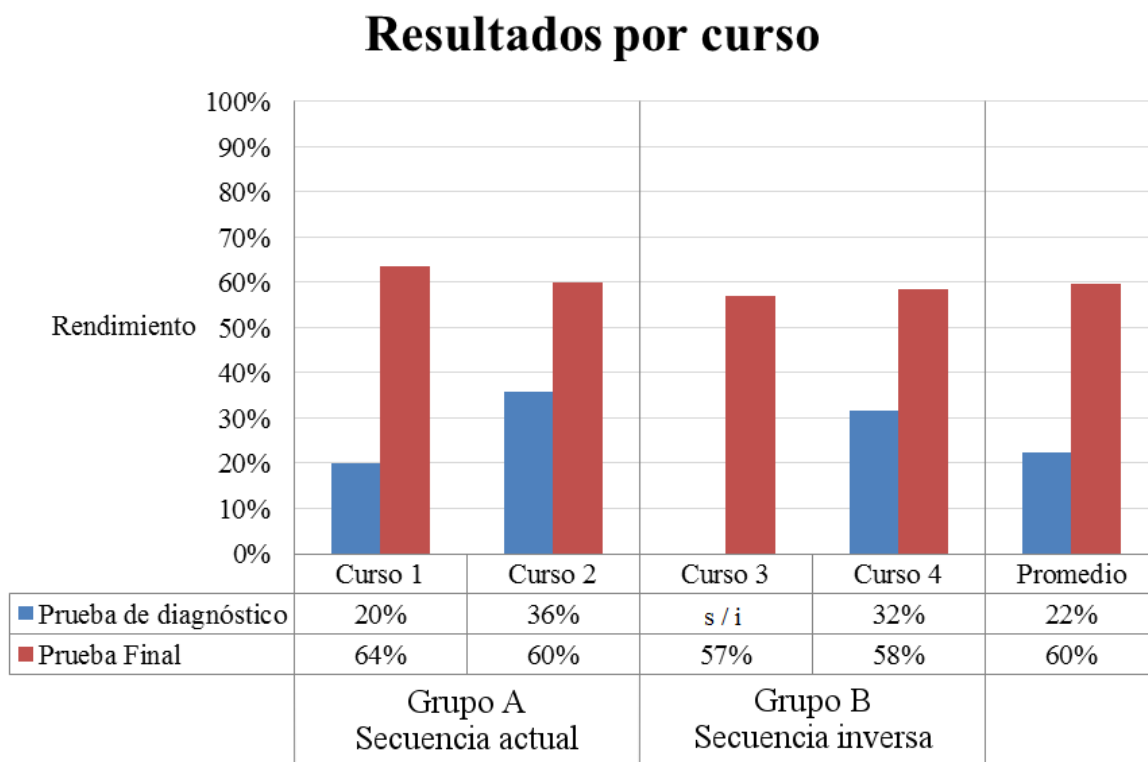


Figura 21: Resultados por curso

La primera interpretación es que a partir de la intervención los resultados en la prueba final (en rojo, 60% promedio) son mejores que los resultados en la prueba de diagnóstico (en azul, 22% promedio). Este resultado es esperable pues da cuenta de que la intervención realizada generó logros de aprendizaje en los estudiantes. Es interesante notar que si bien los resultados en la

prueba de diagnóstico oscilaron entre un 20% y un 36%, los resultados en la prueba final fueron mucho más parejos y oscilaron entre un 57% y un 64%.

A partir de estos resultados se observa que no hay una diferencia significativa en el desempeño en la prueba final según la secuencia utilizada. El grupo A, donde se utilizó la secuencia actual promedia una rendimiento del 62% mientras el grupo B, donde se utilizó la secuencia inversa, promedia uno de 57,5%. Basados en estos resultados se interpretar que en este caso particular la secuencia de los contenidos no influyó en el rendimiento global exhibido por los estudiantes en el instrumento de evaluación.

6.2.2.- Desempeño por ítem.

Con el objetivo de comparar con mayor detalle el desempeño entre ambos grupos, se estudió el rendimiento de ambos grupo en cada uno de los 15 ítems del instrumento de evaluación. La tabla 10 muestra los objetivos de la evaluación de cada uno de los ítems y la figura 22 muestra el rendimiento de ambos grupos en cada uno de los ítems. El instrumento de evaluación se incluye en el anexo B.

Tabla 10: Objetivos de la evaluación.

N°	Tipo Ítem	Objetivo de la evaluación	Habilidad
1	Selección Múltiple	Reconocer fenómenos geológicos de Chile	Conocimiento
2		Explicar la causa de los terremotos	Conocimiento
3		Relacionar los procesos superficiales y la corteza	Conocimiento
4		Explicar la causa del volcanismo	Conocimiento
5		Identificar características de las capas de la Tierra	Conocimiento
6		Identificar procesos del volcanismo	Conocimiento
7		Identificar características de las placas tectónicas	Conocimiento
8		Explicar la causa de los tsunamis	Conocimiento
9		Reconocer el proceso de subducción	Conocimiento
10		Identificar características de las capas de la Tierra	Conocimiento
11	Completación	Identificar las capas de la Tierra	Conocimiento
12	Desarrollo	Explicar los procesos modelan la superficie	Razonamiento
13	Observa, compara y responde	Observar y comparar dos volcanes	Observación
14		Observar y comparar dos volcanes	Observación
15		Explicar por qué los volcanes son distintos	Razonamiento

En la figura 23 se muestran los resultados obtenidos por ambos grupos en cada ítem. En verde el resultado del grupo A donde se utilizó la secuencia actual, en rojo el resultado del grupo B donde se utilizó la secuencia inversa y en azul el promedio de ambos.

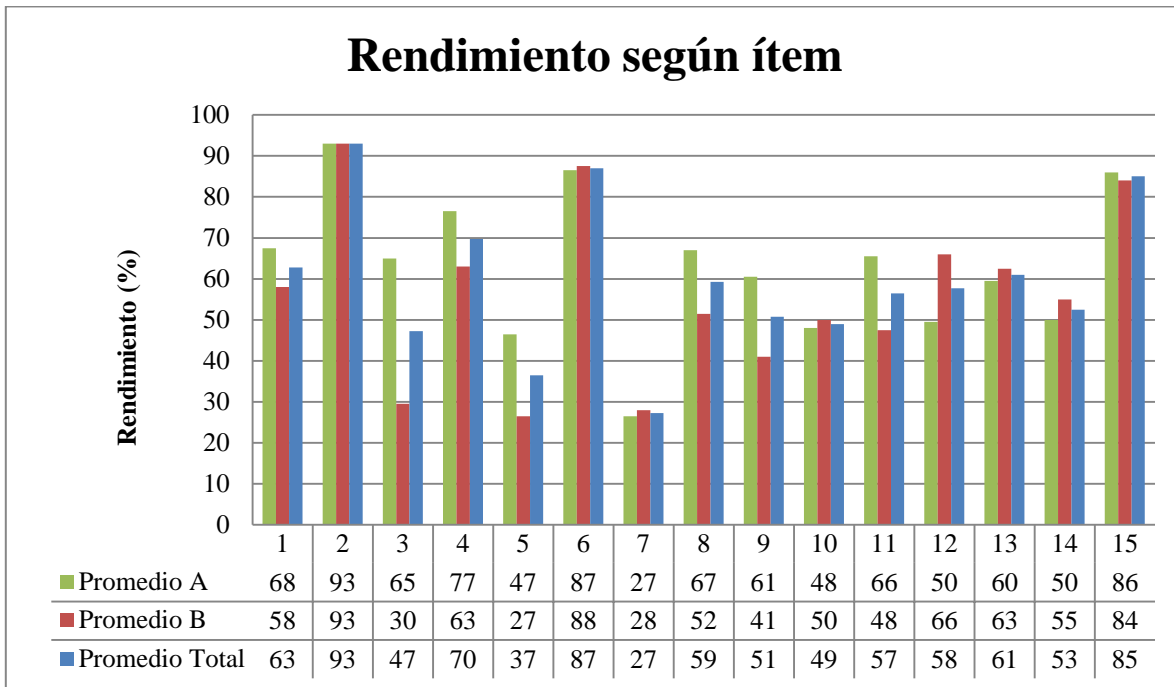


Figura 22: Desempeño por ítem en la prueba final

Los resultados por ítem muestran algunas diferencias significativas entre ambos grupos (definidas como las mayores a un 16% que corresponde a un punto en la nota en la escala utilizada en Chile de 1 a 7).

Por un lado el grupo A obtuvo resultados significativamente mejores en los ítems 3, 5, 9 y 11 respecto al grupo B. La figuras 23, 24, 25 y 26 muestran estas preguntas respectivamente.

3) ¿En qué capa de la Tierra se encuentran los continentes?

- a. Núcleo interno.
- b. Corteza.
- c. Manto.
- d. Núcleo externo.

Figura 23: Ítem 3 del instrumento de evaluación.

5) ¿Cuál es la capa de la Tierra que está a mayor temperatura?

- a. Corteza.
- b. Manto.
- c. Núcleo externo.
- d. Núcleo interno.

Figura 24: Ítem 5 del instrumento de evaluación.

9) En la figura se muestra el proceso donde una placa oceánica se mete por debajo de una placa continental. Este proceso se conoce como:

- a. Densidad
- b. Subducción
- c. Volcanismo
- d. Convección

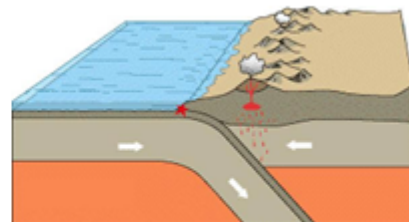
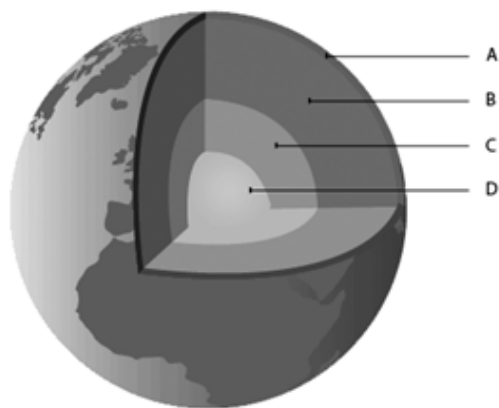


Figura 25: Ítem 9 del instrumento de evaluación.

II. Completación (4 puntos)

Escribe en la línea punteada la letra que corresponda a cada una de las capas de la Tierra.



- Manto
- Núcleo interno
- Núcleo externo
- Corteza

Figura 26: Ítem 11 del instrumento de evaluación.

La revisión de estos ítems muestra que los cuatro ítems donde el grupo A obtuvo rendimientos significativamente mejores que el grupo B están relacionados con conocimientos sobre la estructura interna de la Tierra y tectónica de placas; ninguno lo está con las manifestaciones geológicas.

Esta diferencia puede tener relación con el proceso pedagógico durante la intervención, pues el autor detectó que los niños presentaban dificultades al momento de trabajar con las capas de la Tierra, por lo que el tema fue revisitado a lo largo de las lecciones del grupo A, quienes comenzaron la unidad estudiando estructura interna de la Tierra, mientras que con el grupo B se estudió este tema solo en la última parte de la unidad.

Por otro el grupo B obtuvo resultados significativamente mejores en la pregunta 12 (figura 27).

III. Desarrollo (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido cambios en su superficie a lo largo del tiempo?
¿Por qué? Explica.

Figura 27: Ítem 12 del instrumento de evaluación.

Esta pregunta es relevante pues se pide razonar sobre procesos y tiene relación directa con el objetivo de aprendizaje N°16 del currículo de cuarto básico (figura 28) pues pide relacionar los cambios en la superficie de la Tierra con su estructura interna y con la tectónica de placas.

Ciencias de la Tierra y el Universo

- 15 Describir, por medio de modelos, que la Tierra tiene una estructura de capas (corteza, manto y núcleo) con características distintivas en cuanto a su composición, rigidez y temperatura.
- 16 Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas).
- 17 Proponer medidas de prevención y seguridad ante riesgos naturales en la escuela, la calle y el hogar, para desarrollar una cultura preventiva.

Figura 28: Objetivos de aprendizaje de Ciencias de la Tierra y el Universo en cuarto básico.

La diferencia en esta pregunta entre ambos grupos se analiza en detalle en la sección 6.2.3 de resultados.

A partir de las diferencias mostradas se puede decir que si bien la secuencia utilizada no tuvo repercusión en los resultados globales obtenidos en el instrumento de evaluación, sí tiene influencia en los logros de aprendizaje dependiendo de los temas abordados.

6.2.3.- Resultados ítem 12 del instrumento de evaluación

Con el objetivo de caracterizar de mejor manera los resultados obtenidos en el ítem 12 del instrumento de evaluación (figura 27) se realizó una división de las respuestas según la complejidad y visión global con la cual fue abordada la pregunta (Tabla 11). Esta división fue realizada para el análisis de las respuestas y no necesariamente coincide con los puntajes asignados mostrados en la sección 6.2.2.

Tabla 11: División según complejidad de la respuesta.

Categoría	Descripción
A	Respuesta correcta utilizando bien los conceptos y demostrando comprensión sobre el rol de la tectónica de placas como principal responsable de la modificación de la superficie a lo largo del tiempo.
B	Respuesta correcta demostrando conocimiento sobre las manifestaciones geológicas como agentes modificadores de la superficie pero sin una visión sobre la tectónica de placas y el tiempo geológico.
C	Respuesta correcta pero a partir de conocimientos ingenuos o falsos, generalmente asociada a la contaminación antropogénica.
D	Respuesta incorrecta, generalmente asociada a una visión estática de la Tierra a lo largo del tiempo.
E	Respuesta omitida

A modo de ejemplo para las distintas categorías se muestran algunas respuestas ilustrativas que dieron los estudiantes en la prueba final.

Categoría A: La figura 29 muestra tres ejemplos de respuesta completa con buena utilización de los conceptos y mención a la tectónica de placas o estructura interna de la Tierra como principal factor modificador de la superficie a lo largo del tiempo.

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

porque se mueve la corteza por el movimiento
y ademas se mueve la tierra.

5/

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

si, por que al movimiento de las placas
tectonicas surge que los volcanes se van
erudiciones y en el movimiento de
que se van cambiando en la tierra y el
movimiento

5

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

por las causas de las placas tectonicas
la tierra a lo largo del tiempo,
tierra se cambiando.

Figura 29: Ejemplos de la categoría A.

Categoría B: La figura 30 muestra tres ejemplos de respuestas correctas utilizando conceptos revisados en clases pero sin mención de la estructura interna de la Tierra o la tectónica de placas.

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

Si por que al pasar el tiempo 5/5
los tsunamis, los terremotos y
las erusiones volcanicas
y trables del tiempo
la tierra ha cambiando

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

Si, por que en distintos países se sieden 5/5
Terremotos, Tsunamis, erusiones y erupsiones
volcanicas

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

por los TSUNAMI - VOLCANES - TERREMOTOS 5/5

Figura 30: Ejemplos de la categoría B.

Categoría C: La figura 31 muestra ejemplos de respuestas correctas pero utilizando incorrectamente algunos conceptos vistos en clases o a partir de teorías falsas o ingenuas.

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

Si por que el aire ahora esta contaminado por el fuego el humo de los volcanes 2/

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido cambios en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

porque la tierra antes habia sin volcanes y al dia de ay arboles y edificios

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

Si, los volcanes han crecido más. No hay tantos tsunamis. Nunca ha habido un tornado en Chile. 3/5

Figura 31: Ejemplos de la categoría C.

Categoría D: La figura 32 muestra ejemplos de respuestas incorrectas, principalmente asociadas a una visión estática de la Tierra, a la incapacidad de pensar en otra escala temporal o respuestas que carecen de sentido.

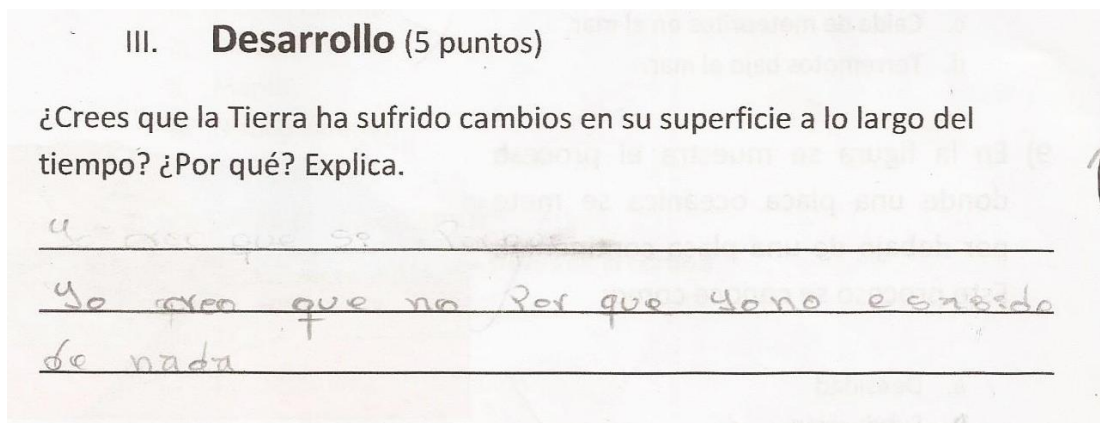
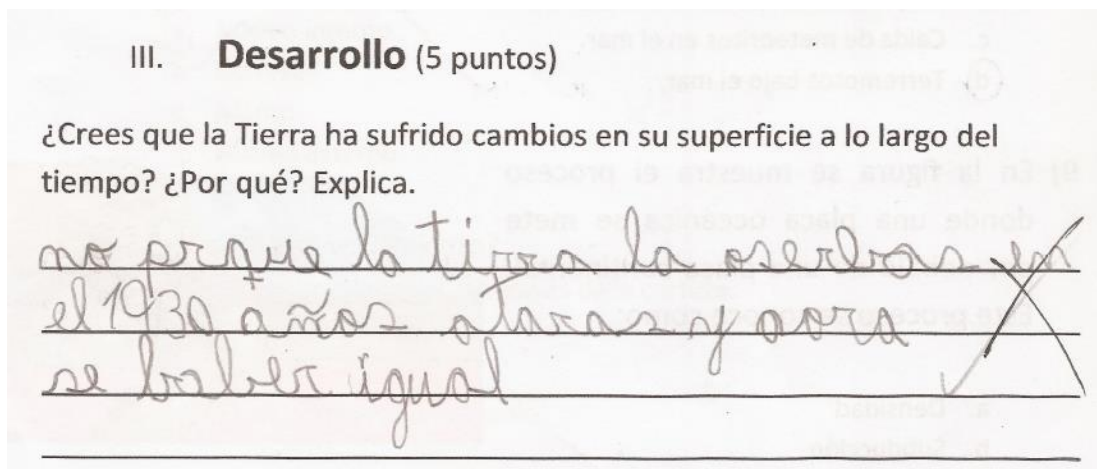
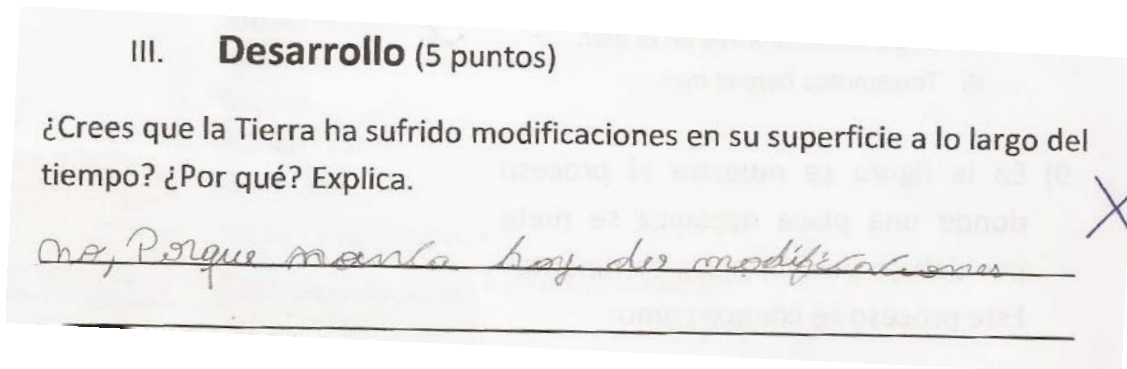


Figura 32: Ejemplos de la categoría D.

La categoría E corresponde a preguntas omitidas, por lo que no se muestran ejemplos.

A partir de las categorías propuestas se clasificó las respuestas obtenidas en la prueba final según los dos grupos. La figura 33 grafica los resultados obtenidos.

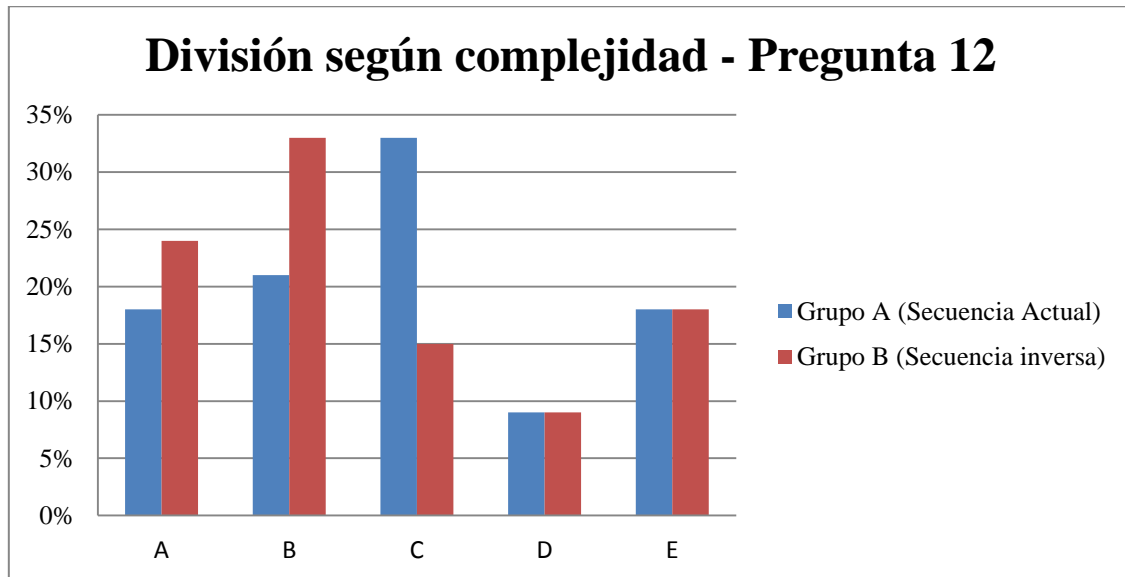


Figura 33: División según la complejidad de la respuesta según grupos.

El gráfico muestra que los estudiantes del grupo B respondieron la pregunta de forma más completa, utilizando de mejor manera los conceptos vistos en clase y mostrando una capacidad de razonamiento sobre los procesos geológicos globales más compleja que los estudiantes del grupo A. A partir de estos datos se interpreta que la inversión de la secuencia de los contenidos de Ciencias de la Tierra en cuarto básico favorece el desarrollo de una visión global sobre los procesos geológicos y la comprensión que la causa de la modificación de la superficie a lo largo de escalas temporales mayores es la dinámica interna del planeta.

6.2.4.- Resultados según tópico

En función del grado de abstracción necesario para manejar un tópico (discutido en la sección 7.1 de discusiones) se agruparon los temas en dos categorías:

Tópico A: Temas con un alto nivel de abstracción. Corresponden a estructura interna de la Tierra, interacción manto-corteza y tectónica de placas con énfasis en la subducción.

Tópico B: Temas con un bajo nivel de abstracción. Corresponden a volcanes, terremotos, tsunamis y prevención de riesgos.

La figura 34 muestra los resultados obtenidos en la prueba final por ambos grupos según el tópico abordado.

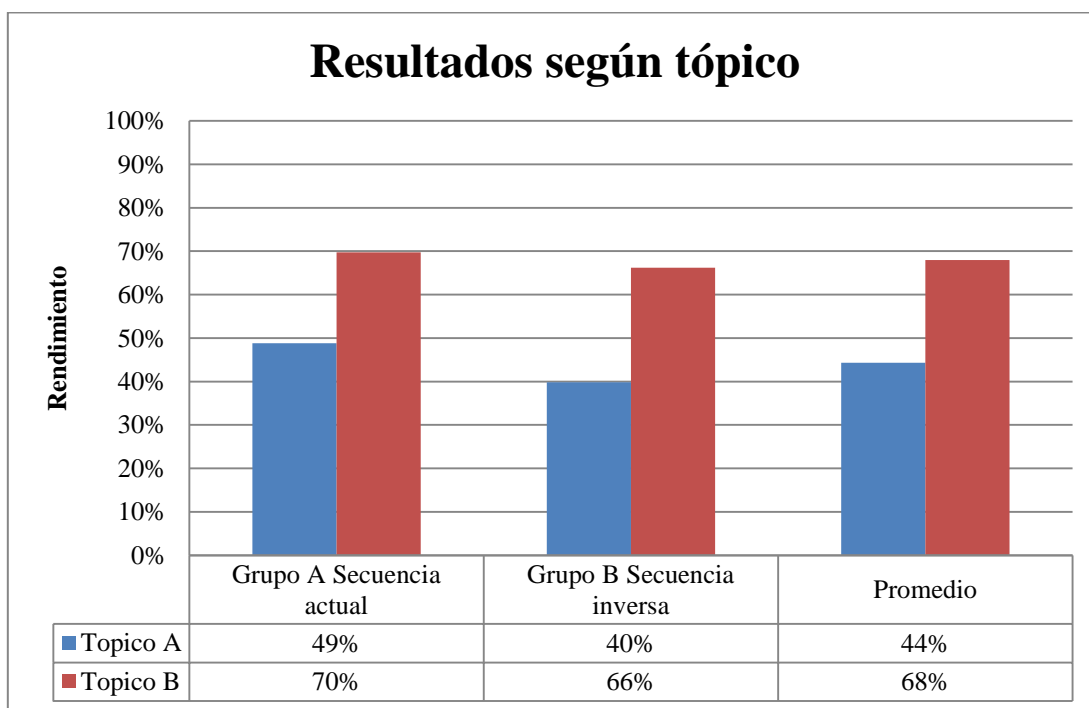


Figura 34: Resultados según tema.

Los resultados muestran que los estudiantes de ambos grupos obtuvieron resultados significativamente mejores en el tópico A respecto al tópico B. Esta diferencia en los resultados según el grado de abstracción necesario para abordar un tema coincide con la observación del autor sobre las dificultades que presentaron los estudiantes para recordar y trabajar los temas asociados a la categoría A. Esto puede deberse a la lejanía que tienen los estudiantes con estos conceptos.

7.- DISCUSIONES

7.1.- Resultado según nivel de abstracción

El resultado más relevante de este estudio es la alta diferencia en el desempeño logrado en los distintos temas que abordan los objetivos de aprendizaje en el currículo de cuarto básico. Para el los temas de estructura interna de la Tierra y tectónica de placas el desempeño es del 44,3% mientras que para los temas de manifestaciones geológicas (volcanes, terremotos y tsunamis) es del 67,9%. La interpretación que se le da a esta diferencia está en el nivel de abstracción de los tópicos abordados y la capacidad que tienen los niños de relacionarse con ellos, teniendo resultados considerablemente mejores en tópicos que apelan al pensamiento concreto que en tópicos que apelan al pensamiento abstractos. Esta interpretación coincide con el trabajo de Piaget en torno al pensamiento concreto y abstracto que indica que a la edad de 10 años se está en condiciones de trabajar bien con el primero y con problemas con el segundo (Piaget y Petit, 1971).

El problema ocurre al momento de clasificar un concepto como concreto o abstracto, pues según la definición clásica concreto es lo que existe en el espacio-tiempo y abstracto lo que no, es decir, ser concreto o abstracto es una propiedad intrínseca del concepto y no involucra al observador. Según esta definición tanto la estructura interna de la Tierra y las manifestaciones geológicas son concretas, sin embargo la clasificación propuesta en este trabajo no se relaciona con lo concreto o lo abstracto como propiedad intrínseca del concepto, sino que en la capacidad de pensamiento concreto y pensamiento abstracto de los observadores. Para este estudio, la abstracción que se presenta al razonar sobre las capas de la Tierra tiene relación con la lejanía de este concepto y la realidad de los niños, la diferencia de escala que involucra este pensamiento y la imposibilidad de percibirlo de forma concreta.

La relación entre el pensamiento concreto/abstracto y los conceptos involucrados en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra es un terreno inexplorado y que nos puede entregar más elementos a la hora del diseño curricular escolar.

7.2.- Estructura interna y tectónica de placas en Cuarto básico

El resultado más relevante del estudio fue la diferencia sustancial entre los logros del aprendizaje en los contenidos de pensamiento concreto (volcanes, terremotos y tsunamis) y en los contenidos de pensamiento abstractos (tectónica de placas y estructura interna de la Tierra), pues indican que los últimos, independiente de la secuencia en la que se presenten, no logran generar buenos resultados. Frente a esta situación sumada con los efectos negativos de la sobrecarga curricular se recomienda la eliminación del estudio de la estructura interna de la Tierra y tectónica de placas en cuarto básico o bien una reformulación que simplifique los aprendizajes esperados.

7.3.- Inversión de los objetivos de aprendizaje de Ciencias de la Tierra en Cuarto básico

El estudio no arrojó resultados concluyentes en torno a los beneficios de la inversión de los contenidos de Ciencias de la Tierra y el Universo para el currículo de cuarto básico, sin embargo es claro que la secuencia utilizada repercute en las habilidades que se pretende desarrollar. En función de las críticas que se hacen a una concepción memorística por sobre una concepción de razonamiento de la educación científica no se descarta que la inversión del currículo de cuarto básico pueda tener efectos positivos tomando en consideración la centralidad de la alfabetización científica.

7.4.- Reformulación de los objetivos de aprendizaje

Se propone la siguiente reformulación a los objetivos de aprendizaje de cuarto básico del eje de Ciencias de la Tierra y el Universo:

Tabla 12: Propuesta de objetivos de aprendizaje para cuarto básico

O.A.	Descripción
15	Volcanismo: Estudio de la estructura de los volcanes, relación entre la lava y las rocas volcánicas, erupciones sucesivas como mecanismo para la construcción de edificios volcánicos y consecuencias de la actividad volcánica en la actividad humana
16	Sismicidad: Causas y consecuencias de terremotos y tsunamis, estudio de los conceptos de escala, epicentro e hipocentro y medidas de prevención de los riesgos asociados.
17	Orogénesis: Estudio de la deformación de la corteza terrestre por medio de modelación analógica con énfasis en la formación de la Cordillera de los Andes.

Esta reformulación se fundamenta en:

1) Las grandes ideas de la ciencia (Harlen, 2010) y los principios de la alfabetización en Ciencias de la Tierra (AEPECT, 2012) indican que la tectónica de placas debe ser considerada un objetivo de la educación escolar en cuanto es el elemento científico que nos explica los cambios de gran escala en el planeta, la distribución actual de continentes y su geografía y por último nos explica los mecanismos del volcanismo, sismicidad y orogénesis, fenómenos de mucha importancia en Chile.

2) Progresión de contenidos: La teoría de la tectónica de placas es el conocimiento más importante y complejo de la geología, y como tal debe ser abordado progresivamente a lo largo de la etapa escolar. El volcanismo, la sismicidad y la orogénesis se pueden abordar de manera simplificada de tal forma que sirvan como bloques constructores sobre los cuales se sustente el estudio posterior de la tectónica de placas.

3) Los resultados de este estudio indican que recurrir al pensamiento abstracto en cuarto básico, como pensar en la relación entre el manto y la corteza o la estructura interna de la Tierra, no promueve los logros del aprendizaje.

4) La teoría del desarrollo cognitivo de Piaget indica que a la edad de 9-10 años los niños presentan dificultades con el razonamiento deductivo, por tanto las conclusiones científicas se deben abordar desde el estudio de casos particulares. En este caso el volcanismo, la sismicidad y la orogénesis se presentan como los casos particulares que servirán como sustento del razonamiento inductivo para concluir en cursos superiores sobre la tectónica de placas.

5) La falta de pertinencia de los contenidos es una de las críticas más fuertes al currículo actual, los contenidos propuestos toman en consideración la cercanía que todos los chilenos tienen, en mayor o menor medida, con estas manifestaciones geológicas y el valor pedagógico que esta cercanía incorpora.

6) La propuesta de estos objetivos de aprendizaje se puede conectar con experiencias en terreno a lo largo de todo Chile. Visitas a volcanes o a la Cordillera en función de la ubicación de la escuela es una experiencia con un demostrado valor educativo (Apple et al., 2014).

7) La última reforma curricular del año 2014 incorpora el estudio de la teoría de la tectónica de placas en el eje de física en séptimo básico. Si bien la repetición de objetivos del aprendizaje

puede resultar de utilidad en algunos casos según la progresión adoptada en este caso dicha repetición no parece sustentarse y al contrario en opinión del autor es una congestión innecesaria. Por tanto repetir este objetivo en cuarto básico (O.A. 16) y en séptimo básico (O.A. 9) se lee como una falta de comunicación entre ambos currículos. Los objetivos propuestos superan esta falta de coherencia. Además en séptimo básico se incorpora el estudio del volcanismo (O.A. 10). Al presentarse en la misma categoría que el anterior puede llevar a confusiones de escala, además de repetirse en cuarto y séptimo básico. Asociado a la propuesta de estos nuevos objetivos de aprendizaje, se sugiere descongestionar las bases curriculares de séptimo básico a través de la eliminación del O.A. 10 (Volcanismo).

8) Por último esta recomendación incorpora la orogénesis como elemento de estudio y la utilización de modelación analógica, esta ha sido ampliamente utilizada en geología estructural y actualmente hay modelos de bajo costo que pueden ser utilizados con fines educativos.

7.5.- ¿Qué enseñar?

Para poder sugerir mejoras al diseño de las bases curriculares en Ciencias de la Tierra se cuenta con tres elementos de diseño:

- **Progresión del aprendizaje:** El currículo debe explicitar una secuencia de contenidos coherente y progresiva en cada unidad y a través de los años.
- **Desarrollo cognitivo:** Por otro lado los resultados de este estudio indican que estos contenidos deben planificarse considerando el desarrollo cognitivo de los educandos.
- **Carga curricular:** Una de las críticas más fuertes al currículo actual es la sobrecarga de contenidos. Se debe priorizar y disminuir al óptimo la cantidad de estos.

Estos tres elementos nos hablan del cómo diseñar, ahora la pregunta es ¿qué parte del conocimiento de Ciencias de la Tierra queremos enseñar? Al respecto se presentan tres elementos:

- **1 – Eje Ciencias de la Tierra y el Universo, Bases Curriculares, MINEDUC:** Las bases curriculares del MINEDUC proponen un abordaje de la Ciencias de la Tierra y el Universo:

“Este eje trata sobre los fenómenos de la Tierra y el modo en que esta se relaciona con el Universo. En este marco, se espera que los alumnos conozcan el tiempo atmosférico, las capas de la Tierra y sus movimientos, y que sean capaces de relacionarlos con los sismos, volcanes y tsunamis. Se considera esencial la formación de hábitos de prevención ante eventos sísmicos, debido a las características de nuestro país. También se busca que los estudiantes aprendan sobre la formación y las características del suelo, su importancia para el sustento de la vida sobre la Tierra y las variables asociadas a la erosión. Asimismo, se estudian los componentes del Sistema Solar, los movimientos de la Tierra y su impacto en los ciclos de la vida. Estas materias se tratan con una perspectiva científica, que involucra exploración, uso de modelos y experimentación, procurando que los alumnos perciban la interrelación entre los fenómenos estudiados”

(MINEDUC, 2011; MINEDUC, 2012a)

- **2 - Grandes ideas de la Ciencia:** Se sugiere que las metas de la educación científica escolar se deben apuntar a la comprensión de ciertas ‘grandes ideas de la ciencia’ además de transversalmente adquirir capacidades y actitudes científicas. En el caso de Ciencias de la Tierra la gran idea que se propone como meta es:

“5.- La composición de la Tierra y de su atmósfera, y los fenómenos que ocurren en ellas, le dan forma superficie de la Tierra y afectan su clima.

En la superficie de la Tierra, la radiación del Sol calienta la superficie y provoca corrientes de convección en el aire y los océanos, generando los climas. Bajo la superficie, el calor del interior de la Tierra provoca movimientos en la roca fundida. La superficie sólida está en constante cambio a través de la formación y erosión de la roca.”

(Harlen et al., 2010)

- **3 - Principios de la Alfabetización en Ciencias de la Tierra:** La sugerencia de la Asociación española para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra son 10 ‘ideas clave’:
 1. *La Tierra es un sistema complejo en el que interaccionan las rocas, el agua, el aire y la vida.*
 2. *El origen de la Tierra va unido al del Sistema Solar y su larga historia está registrada en los materiales que la componen.*
 3. *Los materiales de la Tierra se originan y modifican de forma continua.*

4. *El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial.*
5. *La vida evoluciona e interacciona con la Tierra modificándose mutuamente.*
6. *La tectónica de placas es una teoría global e integradora de la Tierra*
7. *Los procesos geológicos externos transforman la superficie terrestre*
8. *La humanidad depende del planeta Tierra para la obtención de sus recursos y debe hacerlo de forma sostenible*
9. *Algunos procesos naturales implican riesgos para la humanidad*
10. *Los científicos interpretan y explican el funcionamiento de la Tierra basándose en observaciones repetibles y en ideas verificables*

(AEPECT, 2012)

La comparación entre estas propuestas es compleja pues no tienen la misma forma, exhiben distintos enfoques y por último proponen distintos contenidos.

Algunas similitudes son (1) El estudio de la Tierra como sistema complejo (interacción geósfera-hidrosfera-atmósfera-biosfera) (2) El estudio de los procesos internos y superficiales que la dan forma a la superficie (tectónica, erosión y ciclo de rocas) y (3) Ideas sobre la Ciencia (habilidades y aptitudes).

Las diferencias vienen de tópicos que no se repiten explícitamente (1) Tiempo geológico e historia de la Tierra y (2) Relación ser humano-entorno (Recursos naturales y sustentabilidad).

Las Ciencias de la Tierra y en particular con el enfoque curricular actual las ‘Ciencias de la Tierra y el Universo (CTU)’ investigan procesos que operan en la Tierra, en el sistema solar y en la galaxia. Por lo tanto las CTU involucran fenómenos que van de lo inimaginablemente grande a lo invisiblemente pequeño. Las CTU también involucran un set único de conocimientos para entender el tamaño, edad, estructura, composición y comportamiento de la Tierra, esto envuelve ciencias físicas (fuerza, energía, gravitación, magnetismo, etc.), ciencias químicas (elementos, minerales, reacciones, velocidad de reacción, etc.) y ciencias biológicas entendiendo que la Tierra es el único planeta conocido con actividad biológica y la relación entre fósiles y registro estratigráfico es de interés para la biología y la geología. Como resultado la mayoría de la investigación en CTU es interdisciplinaria y cae dentro de categorías más acotadas (astrofísica, geofísica, geología estructural, geoquímica, geobiología, etc.). Como consecuencia de esta

realidad de las CTU es que el diseño curricular es muy complejo dado el amplio espectro de variables involucradas y su naturaleza interdisciplinaria.

Al respecto se sugiere que futuros trabajos en la línea de educación en Ciencias de la Tierra apunten al ‘qué enseñar’ con el fin de proponer un relato para el diseño curricular.

7.6.- Énfasis en el concepto de ‘subducción’ en la educación escolar

El rasgo geológico de primer orden que caracteriza la geología de Chile es la subducción. Esta configuración de las placas tectónicas es la responsable de la existencia de la Cordillera de los Andes, la sismicidad, el volcanismo, las altas concentraciones de cobre, etc.

A partir de la síntesis de los conocimientos esperados de Ciencias de la Tierra en la educación escolar (Tabla 9) se detectó que el concepto de subducción está relegado a un espacio muy secundario dentro del objetivo de aprendizaje N°9 de Séptimo básico. Se considera secundario pues la subducción es un caso particular de márgenes de placa convergente.

“O.A. 9: Explicar, con el modelo de la tectónica de placas, los patrones de distribución de la actividad geológica (volcanes y sismos), los tipos de interacción entre las placas (convergente, divergente y transformante) y su importancia en la teoría de la deriva continental.” (MINEDUC, 2014)

A partir de esto se sugiere que se le otorgue un mayor énfasis al concepto de subducción al ser un elemento integrador de las características de la geología de Chile.

7.7.- Contexto de la muestra

El presente estudio se realizó en dos colegios municipales de Cerro Navia, calificados según la Agencia de Calidad de Educación como establecimientos pertenecientes al grupo socioeconómico medio-bajo. Esto significa baja escolaridad de los apoderados (9-10 años), bajos ingresos del grupo familiar (\$195.000 a \$315.000 pesos chilenos; aproximadamente 315 a 510 dólares americanos) e índices de vulnerabilidad entre un 61% a 81% (Agencia de la Calidad de la Educación, 2014a y 2014b).

Si bien la condición de vulnerabilidad se relaciona de forma inversa con el desempeño escolar y los logros del aprendizaje (Moreno, 2010; Bellei, 2013; Valenzuela et al., 2013), esta variable no se considera preponderante para la interpretación de los resultados pues el alto índice de segregación del sistema educativo chileno nos permite asegurar que la muestra es comparable (Valenzuela, 2008).

Es recomendable que futuros estudios de este tipo abarquen muestras más representativas de la realidad educativa chilena para incorporar las variables socioeconómicas (vulnerabilidad y segregación) a la medición de los logros del aprendizaje en ciencias.

7.8.- Factores externos al estudio

Se identificaron dos factores importantes que pueden nublar los resultados: El rol de los profesores acompañantes y eventualidades al momento de la realización de las clases.

El estudio estuvo acompañado por tres profesores quienes eran los titulares para la asignatura de Ciencias Naturales. Estos profesores ayudaron a mantener un buen clima dentro de las aulas, aportaron al desarrollo de las lecciones y, en menor o mayor medida, reforzaron los contenidos vistos en otras asignaturas. Puesto que este aporte es difícil de cuantificar, no se incorporó a la hora de interpretar los resultados.

La realización de clases tuvo algunas eventualidades que dificultaron la homogeneización del proceso para los cuatro cursos. Entre estas eventualidades se encuentran cortes de luz, implementación en mal estado (parlantes y proyectores), realización de actividades extra programáticas en los horarios de clases, retiro de estudiantes en medio del estudio, situaciones asociadas al clima dentro del aula que no permitieron el normal desarrollo de las clases, etc. Estas eventualidades tampoco se incorporaron como factores para la interpretación.

Ambos factores no medidos pueden alterar la interpretación de los resultados, por tanto se sugiere que en estudios futuros se consideren medidas para disminuir el impacto de esta alteración.

7.9.- Experiencia en aula

A partir del estudio que se llevó a cabo en el aula, surgen observaciones que es importante explicitar con el ánimo de caracterizar la relación entre las Ciencias de la Tierra y el contexto escolar:

- (1) **Formación de profesores:** Una condición necesaria para enseñar es el dominio de los temas tratados (Weissmann, 1993). En el caso de Ciencias de la Tierra aun cuando los temas no se tratan de forma compleja, se detectaron concepciones erróneas en los profesores que develan una falta de comprensión global de los procesos terrestres y las escalas a las que estos funcionan, si bien no es posible hacer una generalización de los profesores, su formación y su dominio del tema es un factor relevante de considerar.
- (2) **Actividades complementarias:** La enseñanza de las Ciencias de la Tierra a nivel universitario se desarrolla con trabajo en aula, con actividades de laboratorio y con salidas a terreno. A nivel escolar es recomendable este tipo de actividades (Apple et al., 2014). Sin embargo el contexto chileno hace que las actividades de corte práctico son complejas de realizar por los tiempos de planificación, los recursos disponibles, la capacidad de gestión de los docentes y otros motivos. Si bien las TICs ayudan al acercamiento entre los estudiantes y el mundo natural, las experiencias prácticas son irremplazables. La implementación de actividades prácticas en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra es un desafío que hoy no está resuelto.
- (3) **Contenidos y tiempo:** En el caso particular de Ciencias de la Tierra en cuarto básico, el tiempo propuesto por el currículo se hace insuficiente para abordar de buena manera los contenidos propuestos. Frente a esto la descongestión curricular cobra relevancia. Disminuir la cantidad de contenidos para privilegiar aquellos más importantes es vital para el proceso pedagógico, mientras el currículo continúe con la actual sobrecarga, el riesgo de no generar el aprendizaje deseado o simplemente no abordar una temática es mayor, lo que atenta contra el derecho de tener una educación científica de calidad.
- (4) **Clima en el aula:** El trabajo en aula con niños de 10 años es muy complejo y más complejo si los niños tienen altos índices de vulnerabilidad, esta complejidad puede relacionarse directamente con la calidad del proceso pedagógico en caso de que el profesor no cuente con las herramientas para mantener un clima en el aula apto para el

aprendizaje. Frente a esto se sugiere que futuros estudios en el aula se realicen por profesionales que cuenten con dichas herramientas, siendo lo mejor un trabajo interdisciplinario entre científicos y educadores.

8.- CONCLUSIONES

Inversión de los objetivos de aprendizaje de Ciencias de la Tierra en Cuarto básico.

En el eje de Ciencias de la Tierra en cuarto básico se presenta una secuencia curricular que comienza por la estructura interna de la Tierra, luego tectónica de placas y finalmente manifestaciones geológicas. Los resultados no son concluyentes en torno a los beneficios en los logros del aprendizaje de la inversión de la secuencia, sin embargo se muestra que la secuencia actual obtiene mejores resultados en el desarrollo de conocimientos mientras que la secuencia inversa obtiene mejores resultados en el desarrollo del razonamiento sobre los procesos terrestres. A partir de esto y tomando en cuenta las críticas al enfoque memorístico del actual currículum científico se concluye que la inversión de la secuencia es positiva.

Tectónica de placas y Estructura interna de la Tierra en cuarto básico.

Los resultados mostraron que los estudiantes de cuarto básico (9 a 10 años) presentan dificultades en el logro de los objetivos de aprendizaje asociados a tectónica de placas y estructura interna de la Tierra. En el contexto de este estudio este resultado se interpreta como la diferencia entre el grado de abstracción que requiere el estudio de estos temas y el grado de abstracción que los niños de esta edad son capaces de desarrollar. Se concluye es necesaria la eliminación o reformulación de estos objetivos de aprendizaje.

Ciencias de la Tierra en el diseño curricular actual.

A partir de la revisión del enfoque curricular y los temas de Ciencias de la Tierra abordados en el currículum escolar se detectaron situaciones que podrían estar dificultando los logros del aprendizaje y omitiendo temas importantes. Entre estas se encuentran:

- (1) Omisión del concepto de subducción y geología del cobre.
- (2) Progresión curricular poco clara sin una secuencia lógica a lo largo de los años que apunte a conocimientos más complejos.
- (3) Objetivos de aprendizaje con enfoque contenidista que apuntan a la memorización por sobre el razonamiento.
- (4) Abordaje asistemático de las Ciencias de la Tierra a lo largo de la escuela, prácticamente inexistente en la educación media.

Se sugiere que futuros estudios y revisiones curriculares sobre Ciencias de la Tierra en el currículum escolar consideren estos puntos.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- AAAS (2007). Atlas of Science Literacy, Mapping K-12 science learning. American Association for the Advancement of Science, Project 2061, 2007.
- Acevedo, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- AEPECT (2012). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. Vol. 21, Núm. 2
- Agencia de la Calidad de la Educación (2014a). Antecedentes del establecimiento: ESCUELA FEDERICO ACEVEDO SALAZAR, recuperado el 7 de Septiembre del 2014 de <http://www.simce.cl/ficha/?rbd=10105>
- Agencia de la Calidad de la Educación (2014b). Antecedentes del establecimiento: ESCUELA PRESIDENTE ROOSEVELT, recuperado el 7 de Septiembre del 2014 de <http://www.simce.cl/ficha/?rbd=10083>
- Alfe, D., Gillan, M. J., & Price, G. D. (2002). Composition and temperature of the Earth's core constrained by combining ab initio calculations and seismic data. *Earth and Planetary Science Letters*, 195(1), 91-98.
- Allegre, C., Poirier, J., Humler, E., Hofmann, A. (1995). The chemical composition of the Earth. *Earth and Planetary Science Letters* 134 (1995) 515-526.
- Allende, C., Valenzuela, J. P., Sevilla, A., Egaña, P. (2013). La (ina)movilidad del desempeño educativo de los estudiantes chilenos: realidad, oportunidades y desafíos. 4/2013 CIAE, Universidad de Chile.
- Antonangeli, D., Siebert, J., Badro, J., Farber, D. L., Fiquet, G., Morard, G., & Ryerson, F. J. (2010). Composition of the Earth's inner core from high-pressure sound velocity measurements in Fe-Ni-Si alloys. *Earth and Planetary Science Letters*, 295(1), 292-296.
- Anzellini, S., Dewaele, A., Mezouar, M., Loubeyre, P., & Morard, G. (2013). Melting of iron at Earth's inner core boundary based on fast X-ray diffraction. *Science*, 340(6131), 464-466.
- Apple, J., Lemus, J., & Semken, S. (2014). Teaching geoscience in the context of culture and place. *Journal of Geoscience Education*, 62(1), 1-4.
- Ausubel, D., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- Barrientos, S., Vera, E., Alvarado, P., & Monfret, T. (2004). Crustal seismicity in central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(8), 759-768.
- Bellei, C. (2013). Segregación socioeconómica y académica de la educación chilena: magnitud, causas y consecuencias. *Estudios Pedagógicos XXXIX*, Nº 1: 325-345, 2013.
- Bencze, J. L., & Bowen, G. M. (2009). A national science fair: Exhibiting support for the knowledge economy. *International Journal of Science Education*, 31(18), 2459-2483.

- Birch, F. (1964), Density and composition of mantle and core, *J. Geophys. Res.*, 69(20), 4377–4388
- Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027
- Blaxter, L., Hughes, C., & Tight, M. (2010). *How to research*. McGraw-Hill International.
- Boehler, R. (1993). Temperatures in the Earth's core from melting-point measurements of iron at high static pressures. *Nature*, 363(6429), 534-536.
- Bransford, J., Brown, A., Cocking, R. (Eds.) (2000). *How people learn. Brain, Mind, Experience and School*. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 2000.
- Brent G., D.,(2001). The age of the Earth in the twentieth century: a problem (mostly) solved. *Geological Society, London, Special Publications*, 190:205-221.
- Buffett, B. A. (1997). Geodynamic estimates of the viscosity of the Earth's inner core. *Nature*, 388(6642), 571-573.
- Buffett, B. A. (2010). Tidal dissipation and the strength of the Earth's internal magnetic field. *Nature*, 468(7326), 952-954.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH
- Camus, P., (2009). Educación científica y evolutiva en Chile: Problemas funcionales y conflictos entre enseñar y aprender. *Gayana* 73 (Suplemento).
- Castro, E. (2003). Enfoque de la enseñanza de la ciencia en el nuevo currículum de la educación nacional. *Revista Extramuros*, 2(7), 33-42.
- Charrier, R. (1979). El Triásico en Chile y regiones adyacentes de Argentina: una reconstrucción paleogeográfica y paleoclimática. *Comunicaciones*, 26, 1-37.
- Chong, G. (2003). *Enseñando Geología a lo largo de Chile*. Santiago, Chile Editorial.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., & Vergara, C., *La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de Ciencia*. *Estudios Pedagógicos XXXVI*, N°2: 279-293, 2010.
- Cloos, M., & Shreve, R. L. (1996). Shear-zone thickness and the seismicity of Chilean-and Marianas-type subduction zones. *Geology*, 24(2), 107-110.
- Código Civil (2014). *Ley N° 20.370 Ley general de Educación*. Código Civil, Santiago, Chile, 2014.
- Colegio de Profesores de Chile (2006). *Conclusiones primer congreso pedagógico curricular 2005*. *Revista Docencia* N°28, 2006.

- Condie, K., (2003). Plate tectonics and crustal evolution. Butterworth-Heinemann ed., Cuarta edición, 2003, 15-16.
- Dai, Z., Wang, W., & Wen, L. (2012). Irregular topography at the Earth's inner core boundary. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(20), 7654-7658.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching*, 37(6), 582-601.
- Denzin, N. K. (2009). The elephant in the living room: or extending the conversation about the politics of evidence. *Qualitative Research*, 9(2), 139-160.
- Deuss, A., Irving, J. C., & Woodhouse, J. H. (2010). Regional variation of inner core anisotropy from seismic normal mode observations. *Science*, 328(5981), 1018-1020.
- de Wijs, G. A., Kresse, G., Vočadlo, L., Dobson, D., Alfe, D., Gillan, M. J., & Price, G. D. (1998). The viscosity of liquid iron at the physical conditions of the Earth's core. *Nature*, 392(6678), 805-807.
- Duschl, R., Schweingruber, A., Shouse, A. (Eds.) (2007). *Taking Science to School. Learning and teaching science in grades K-8*. National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.
- Emerson, R. M., Fretz, R. I., & Shaw, L. L. (2011). *Writing ethnographic fieldnotes*. University of Chicago Press.
- ESLI (2010), *Earth Science Literacy: The big ideas and supporting concepts of Earth Science*. National Science Foundation, May 2010.
- Farías, M., (2007). *Tectónica y erosión en la evolución del relieve de los Andes de Chile Central durante el Neogeno*. Tesis doctoral, Universidad de Chile, Noviembre de 2007.
- Feuer, M. J., Towne, L., & Shavelson, R. J. (2002). Scientific culture and educational research. *Educational researcher*, 31(8), 4-14.
- Fock, A. (2005). *Cronología y tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes de Chile central entre los 33° y los 34° S*. Memoria de Título, Universidad de Chile, Departamento de Geología.
- Forte, A. M., Quéré, S., Moucha, R., Simmons, N. A., Grand, S. P., Mitrovica, J. X., & Rowley, D. B. (2010). Joint seismic-geodynamic-mineral physical modelling of African geodynamics: A reconciliation of deep-mantle convection with surface geophysical constraints. *Earth and Planetary Science Letters*, 295(3), 329-341
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64.

- González, C., Martínez, M. & Martínez, C. (2009). La educación científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico. *Estudios Pedagógicos* 25: 63-78.
- Griffin, M. (2010). Applications of Constructivism in Earth Science. Longwood Central Science District. Recuperado en Julio del 2014 desde <http://www.geo.sunysb.edu/lig/Conferences/abstracts-01/griffin/Griffin-abst.pdf>
- Gurnis, M. (1988). Large-scale mantle convection and the aggregation and dispersal of supercontinents. *Nature*, 332(6166), 695-699
- Harlen, W. (Ed.). (2010). Principles and big ideas of science education. Association for Science Education.
- Hofmann, A. W. (1988). Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 90(3), 297-314.
- Huaquín, V. (2007). Psicología del aprendizaje escolar: Texto de apoyo didáctico para la formación del alumno. Universidad de Santiago de Chile, 2007.
- Huitt, W., & Hummel, J. (2003). Piaget's theory of cognitive development. *Educational psychology interactive*, 3(2).
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16, 13-16
- Jackson, I. (2000). *The Earth's Mantle - Composition, Structure, and Evolution*. Cambridge University Press. p. 311-378.
- Jeanloz, R., & Wenk, H. R. (1988). Convection and anisotropy of the inner core. *Geophysical Research Letters*, 15(1), 72-75.
- Jee, B. D., Uttal, D. H., Gentner, D., Manduca, C., Shipley, T. F., Tikoff, B., & Sageman, B. (2010). Analogical thinking in geoscience education. *Journal of Geoscience Education*, 58(1), 2-13.
- Jolley, A., Jones, F., & Harris, S. (2013). Measuring Student Knowledge of Landscapes and Their Formation Timespans. *Journal of Geoscience Education*, 61(2), 240-251.
- Kleine, T., Münker, C., Mezger, K. and Palme, H., (2002). Rapid accretion and early core formation on asteroids and the terrestrial planets from Hf-W chronometry *Nature* 418, 952-955
- Labrosse, S. (2014). Thermal and compositional stratification of the inner core. arXiv preprint arXiv:1404.4223.
- Lang, K. (2010). Magnetic reversal and seafloor spreading. Nasa's Cosmos, Tufts University. Consultado el 8 de Septiembre de 2014 desde http://ase.tufts.edu/cosmos/view_picture.asp?id=342
- Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 72-94.

- Libarkin, J. & Kurdziel, J., (2002a) The qualitative-quantitative debate. *Journal of Geoscience Education*, v.50, n°1, January, 2002, p.78-86.
- Libarkin, J. & Kurdziel, J., (2002b) Qualitative data. *Research methodologies in Science Education*, *Geoscience Education*, v.50, n°2, March 2002, p. 195-200.
- Libarkin, J., Beilfuss, M., Kurdziel, J. (2003). Mental models and cognition in education. *Journal of Geoscience Education*, v. 51, n°1, January, 2003, p. 121-126.
- Libarkin, J. (2006). *Geoscience education in the United States*. Planet N°17, December 2006.
- López, P. (2012). *Enseñar Ciencias en el mundo de hoy*. Cuaderno de Educación N°42, Universidad Alberto Hurtado, Chile. Abril de 2012.
- Martinic, S. & Vergara, C. (2007). Gestión del tiempo e interacción del profesor-alumno en la sala de clases de establecimientos con jornada escolar completa en Chile. *REICE – Revista electronica iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. 2007, Vol.5, No 5e.
- Masters, T. G., & Shearer, P. M. (1995). *Seismic Models of the Earth*. *Global Earth Physics*, 88-103.
- Masters, G., & Forster, M. (1997). *Developmental assessment*. Victoria, AU: The Australian Council for Educational Research Ltd. 26, 40, 56, 70 & 86
- McDonough, W. F. (2003). Compositional model for the Earth's core. *Treatise on geochemistry*, 2, 547-568.
- MINEDUC (2009). *Marco curricular. Objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios de la educación básica y media, actualización 2009*. Ministerio de Educación. Santiago, 2009.
- MINEDUC (2010). *Resultados Nacionales Simce 2009*. Unidad de Currículum y Evaluación. Ministerio de Educación de Chile. Santiago: MINEDUC.
- MINEDUC (2011). *Fundamentación Bases Curriculares 2011- Educación Básica*. Unidad de Currículum y Evaluación. Ministerio de Educación. Santiago.
- MINEDUC (2012a), *Bases curriculares Educación Básica (Lenguaje; Matemáticas; Ciencias Naturales; Historia, geografía y Ciencias Sociales; Idioma extranjero: Inglés)*. Ministerio de Educación de Chile. Santiago.
- MINEDUC (2012b), *Programa Ciencias Naturales cuarto básico*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, desde http://www.MINEDUC.cl/index5_int.php?id_portal=47&id_contenido=17116&id_seccion=3264&c=6938
- MINEDUC (2013a), *Bases curriculares Educación Básica (Artes Visuales; Música; Orientación; Tecnología; Educación Física y Salud)*. Ministerio de Educación de Chile. Santiago.
- MINEDUC (2013b), *Informe nacional de resultados Simce 2012*. Agencia de la Calidad de la Educación, Ministerio de Educación de Chile, Santiago.

- MINEDUC (2013c), Bases curriculares 7° y 8° básico y 1° y 2° medio. Ministerio de Educación de Chile. Santiago.
- Moreno, T., O., (2010) Evaluación del aprendizaje y grupos vulnerables en México. Revista Iberoamericana de Educación 53/1, 2010.
- Müller, R.D., M. Sdrolias, C. Gaina, and W.R. Roest (2008). Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 9
- Navarro, M. y Förster, C. (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: comparaciones por sexo y nivel socioeconómico. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1), 1-17.
- National Research Council (2011). A framework for K-12 Science Education: Practices, crosscutting concepts and Core ideas. National Academy of Science.
- OCDE (2006). PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura. Recuperado el 14 de Mayo de 2014 de <http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>
- OCDE (2009). PISA 2009. Assessment framework-key competencies in reading, mathematics and science. Paris: OCDE
- Oldham, R. D. (1906). The constitution of the interior of the Earth, as revealed by earthquakes. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 62(1-4), 456-475.
- Perkins, D. (1999). The many faces of constructivism. *Educational leadership*, 57(3), 6-11.
- Pérez-Malvárez, C. & Bueno, A. (2003). Recepción temprana de la teoría de la deriva continental y su competencia con las teorías rivales. *Asclepio- Vol. LV-1-2003*.
- Pérez-Malvárez, C., Bueno, H., Ferial, M. & Ruiz, R. (2006) Noventa y Cuatro años de la teoría de la deriva continental de Alfred Lothar Wegener. INCI, 2006
- Piaget, J. & Cook, M. (1952). The origins of intelligence in children.
- Piaget, J. & Petit, N. (1971). Seis estudios de psicología. Seix Barral.
- Poirier, J. P. (1994). Light elements in the Earth's outer core: a critical review. *Physics of the earth and planetary interiors*, 85(3), 319-337.
- Popham, J. W. (2007). The lowdown on learning progressions. *Educational Leadership*, 64(7), 83-84.
- Ramos, V. A., Jordan, T. E., Allmendinger, R. W., Mpodozis, C., Kay, S. M., Cortés, J. M., & Palma, M. (1986). Paleozoic terranes of the central Argentine Chilean Andes. *Tectonics*, 5(6), 855-880.
- Rooney, T. O., Herzberg, C., & Bastow, I. D. (2012). Elevated mantle temperature beneath East Africa. *Geology*, 40(1), 27-30.

- Rudnick, R. L., & Gao, S. (2003). Composition of the continental crust. *Treatise on geochemistry*, 3, 1-64.
- Sasaki, T., Yamazaki, T., & Ishizuka, O. (2014). A revised spreading model of the West Philippine Basin. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 1-9.
- Simmons, N. A., Forte, A. M., & Grand, S. P. (2007). Thermochemical structure and dynamics of the African superplume. *Geophysical Research Letters*, 34(2).
- Smith, C., Wiser, M., Anderson, C., and Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and atomic-molecular theory. *Measurement*, 14 (1&2), 1-98.
- Smithsonian Natural Museum of Natural History (2014). How to make a planet. *Geology, gems and minerals subject guide*. Revisado el 8 de Junio de 2014 en http://www.mnh.si.edu/earth/text/5_1_4_0.html
- Solbes, J., Montserrat, R. & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*. N°21, 2007.
- Stern, C., R., (2004). Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista geológica de Chile*, 31(2), 161-206.
- Stevens, S. Y., Shin, N., Delgado, C., Krajcik, J., & Pellegrino, J. (2007). Developing a learning progression for the nature of matter as it relates to nanoscience. *American Educational Research Association*, Chicago, IL.
- Tang, G. J., Wang, Q., Wyman, D. A., Li, Z. X., Xu, Y. G., & Zhao, Z. H. (2012). Recycling oceanic crust for continental crustal growth: Sr–Nd–Hf isotope evidence from granitoids in the western Junggar region, NW China. *Lithos*, 128, 73-83.
- Tateno, S., Hirose, K., Ohishi, Y., & Tatsumi, Y. (2010). The structure of iron in Earth's inner core. *Science*, 330(6002), 359-361.
- UNESCO-CIUC (1999). Declaración de Budapest. Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. Conferencia Mundial sobre Ciencia para el Siglo XXI: Un Nuevo Compromiso, Budapest, Hungría. Recuperado el 30 de Diciembre de 2013 de <http://www.oei.es/salactsi/budapestdec.htm>
- UNESCO (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Oficina regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, enero 2005.
- UNESCO/OREALC (2005). Habilidades para la vida a través de la educación científica. XVII Reunión de Coordinadores Nacionales del LLECE. Santiago, Chile.
- UNESCO (2009). Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo. LLECE. Santiago, Chile.
- USGS (2011). Historical perspective of tectonics plates. Revisado el 12 de Septiembre del 2014 desde <http://pubs.usgs.gov/publications/text/slabs.html>

- Valenzuela, J., P., (2008), Evolución de la Segregación Socioeconómica de los Estudiantes Chilenos y su Relación con el Financiamiento Compartido, Informe final Proyecto FONIDE N°: 211 – 2006.
- Valenzuela, J., P., Bellei, C. y De los Ríos, D. (2013): Socioeconomic school segregation in a market-oriented educational system. The case of Chile, *Journal of Education Policy*, 2013.
- Van der Hilst, R. D., De Hoop, M. V., Wang, P., Shim, S. H., Ma, P., & Tenorio, L. (2007). Seismostratigraphy and thermal structure of Earth's core-mantle boundary region. *Science*, 315(5820), 1813-1817
- Vázquez, A., Acevedo, J., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(2), 1-37
- Vilches, A., Solbes, J. y Gil, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? *Alambique*, 41, 89-98.
- Weissmann, H. (comp). (1993). *Didáctica de las Ciencias Naturales: Aportes y reflexiones*. Paidós.
- Wilkinson, J. J. (2013). Triggers for the formation of porphyry ore deposits in magmatic arcs. *Nature Geoscience*, 6(11), 917-925.
- Wilson, M. R. & Bertenthal, M. W., (Eds.). (2005). *Systems for state science assessment*. National Academies Press.
- Wood, K. C., Smith, H., & Grossniklaus, D. (2013). *Piaget's Stages. Emerging Perspectives on Learning, Teaching and Technology*.
- Zhang, J., Song, X., Li, Y., Richards, P. G., Sun, X., & Waldhauser, F. (2005). Inner core differential motion confirmed by earthquake waveform doublets. *Science*, 309(5739), 1357-1360.
- Zhong, H., Qi, L., Hu, R. Z., Zhou, M. F., Gou, T. Z., Zhu, W. G., & Chu, Z. Y. (2011). Rhenium–osmium isotope and platinum-group elements in the Xinjie layered intrusion, SW China: implications for source mantle composition, mantle evolution, PGE fractionation and mineralization. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(6), 1621-1641.

10.- ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Instrumento de Evaluación - Prueba de diagnóstico

Anexo B: Instrumento de Evaluación - Prueba final

Anexo C: Planificación clase N°1

Anexo D: Planificación clase N°2

Anexo E: Planificación clase N°3

Anexo F: Planificación clase N°4

Anexo G: Planificación clase N°5

Prueba de Diagnóstico

Ciencias de la Tierra

Nombre: _____

Curso: _____

Fecha: _____

Objetivo de la prueba de diagnóstico

Conocer el nivel de conocimientos previos sobre:

- Las capas de la Tierra y sus principales características.
- Movimientos de la superficie de la Tierra, sus causas y efectos.
- Relación entre placas tectónicas, sismos, tsunamis y erupciones volcánicas.



Indicaciones

- Lee con atención cada una de las preguntas antes de responder.
- Responde lo que se solicita en los espacios asignados en la prueba.
- Usa lápiz mina y goma.
- Durante la prueba no se permite hablar, si tienes alguna duda, levanta la mano y el profesor se acercará a tu lugar.
- Esta prueba **no tiene nota**, si no sabes una respuesta déjala en blanco.
- Dispones de **40 minutos** para desarrollar la prueba.
- Recuerda revisar tus respuestas una vez terminada la prueba. La entrega se hará al profesor cuando él la solicite.

¡Que la fuerza te acompañe!

I. **Selección Múltiple** (10 puntos)

Encierra en un círculo la letra con la alternativa correcta.

- 1) ¿Cuál de los siguientes fenómenos **no** ocurre Chile?
 - a. Terremotos
 - b. Tsunamis
 - c. Huracanes
 - d. Erupciones volcánicas

- 2) ¿Cuál es la causa de los terremotos?
 - a. El movimiento de las placas tectónicas.
 - b. Periodos de precipitaciones abundantes.
 - c. La contaminación atmosférica.
 - d. El calentamiento global.

- 3) ¿En qué capa de la Tierra se encuentran los continentes?
 - a. Núcleo interno.
 - b. Corteza.
 - c. Manto.
 - d. Núcleo externo.

- 4) ¿Qué causa el volcanismo?
 - a. El ascenso de magma a través de la corteza.
 - b. Los terremotos.
 - c. El clima.
 - d. La contaminación del suelo.

- 5) ¿Cuál es la capa de la Tierra que está a mayor temperatura?
 - a. Corteza.
 - b. Manto.
 - c. Núcleo externo.
 - d. Núcleo interno.

6) Cuando la lava de una erupción volcánica sale a la superficie, disminuye su temperatura ¿Qué le sucede a la lava al disminuir su temperatura?

- a. Se transforma en vapor.
- b. Se transforma en roca volcánica.
- c. Explota.
- d. Se transforma en fuego.

7) Con respecto a las placas tectónicas. ¿Cuál de las siguientes alternativas es **Falsa**?

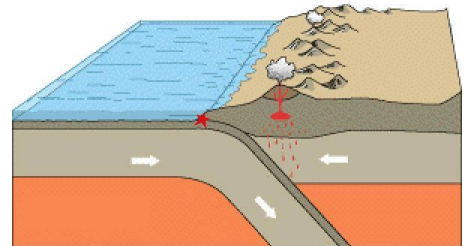
- a. Las distintas placas tectónicas se mueven en distintas direcciones.
- b. La corteza está dividida en fragmentos llamados placas tectónicas.
- c. Las placas tectónicas no se pueden ver porque están bajo la superficie.
- d. Los volcanes se forman en las placas tectónicas.

8) ¿Cuál es la principal causa de los tsunamis?

- a. El viento.
- b. Erupciones volcánicas submarinas.
- c. Caída de meteoritos en el mar.
- d. Terremotos bajo el mar.

9) En la figura se muestra el proceso donde una placa oceánica se mete por debajo de una placa continental. Este proceso se conoce como:

- a. Densidad
- b. Subducción
- c. Volcanismo
- d. Convección



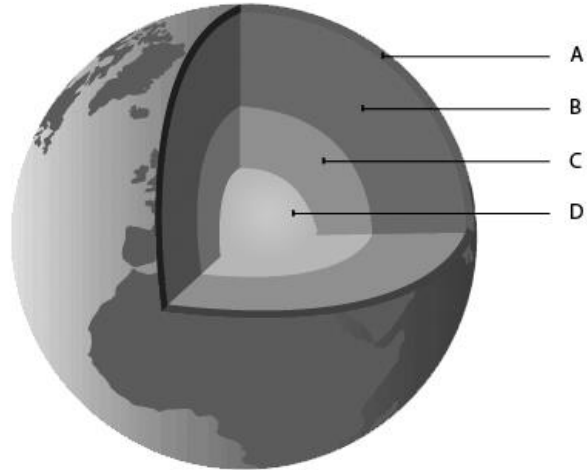
10) Con relación al manto. ¿Qué alternativas es correcta?

- a. Es rígido.
- b. Está en movimiento.
- c. Tiene una temperatura cercana a los 9000°C
- d. Se encuentra principalmente en los polos de la Tierra.

II. **Completación** (4 puntos)

Escribe en la línea la letra que corresponda a cada una de las capas de la Tierra.

- _____ Manto
- _____ Núcleo interno
- _____ Núcleo externo
- _____ Corteza



III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido modificaciones en su superficie a lo largo del tiempo? ¿Por qué? Explica.

IV. **Observa, compara y responde** (6 puntos)

A continuación se muestran dos imágenes de volcanes en erupción, la primera del volcán **Kilahuea** y la segunda del volcán **Santa Helena**, ambos en Estados Unidos.



Volcán Kilahuea



Volcán Santa Helena

1) Nombra dos similitudes entre el Kilahuea y el Santa Helena.

2) Nombra dos diferencias entre el Kilahuea y el Santa Helena.

3) ¿Crees que todos los volcanes son iguales? ¿Por qué?

Prueba Ciencias Naturales

Ciencias de la Tierra

Nombre: _____

Curso: 4to " "

Fecha: _____

Indicaciones

- Lee con atención cada una de las preguntas antes de responder.
- Responde lo que se solicita en los espacios asignados en la prueba.
- Usa lápiz mina y goma.
- Durante la prueba no se permite hablar.
- Dispones de **45 minutos** para desarrollar la prueba.
- Recuerda revisar tus respuestas una vez terminada la prueba. La entrega se hará al profesor cuando él la solicite.



I. Selección Múltiple (10 puntos)

Encierra en un círculo la letra con la alternativa correcta.

- 1) ¿Cuál de los siguientes fenómenos **no** ocurre Chile?
 - a. Terremotos
 - b. Tsunamis
 - c. Huracanes
 - d. Erupciones volcánicas

- 2) ¿Cuál es la causa de los terremotos?
 - a. El movimiento de las placas tectónicas.
 - b. Periodos de precipitaciones abundantes.
 - c. La contaminación atmosférica.
 - d. El calentamiento global.

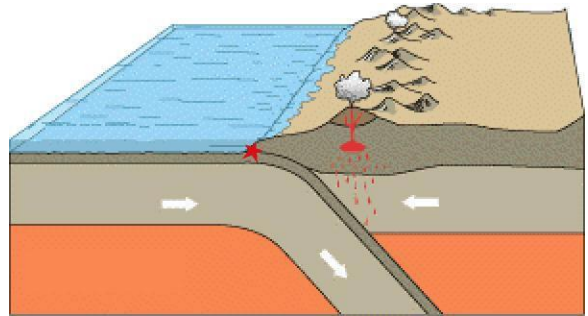
- 3) ¿En qué capa de la Tierra se encuentran los continentes?
 - a. Núcleo interno.
 - b. Corteza.
 - c. Manto.
 - d. Núcleo externo.

- 4) ¿Qué causa el volcanismo?
 - a. El ascenso de magma a través de la corteza.
 - b. Los terremotos.
 - c. El clima.
 - d. La contaminación del suelo.

- 5) ¿Cuál es la capa de la Tierra que está a mayor temperatura?
 - a. Corteza.
 - b. Manto.
 - c. Núcleo externo.
 - d. Núcleo interno.

- 6) Cuando la lava de una erupción volcánica sale a la superficie, disminuye su temperatura ¿Qué le sucede a la lava al disminuir su temperatura?
- Se transforma en vapor.
 - Se transforma en roca volcánica.
 - Explota.
 - Se transforma en fuego.
- 7) Con respecto a las placas tectónicas. ¿Cuál de las siguientes alternativas es **Falsa**?
- Las distintas placas tectónicas se mueven en distintas direcciones.
 - La corteza está dividida en fragmentos llamados placas tectónicas.
 - Las placas tectónicas no se pueden ver porque están bajo la superficie.
 - Los volcanes se forman en las placas tectónicas.
- 8) ¿Cuál es la principal causa de los tsunamis?
- El viento.
 - Erupciones volcánicas submarinas.
 - Caída de meteoritos en el mar.
 - Terremotos bajo el mar.

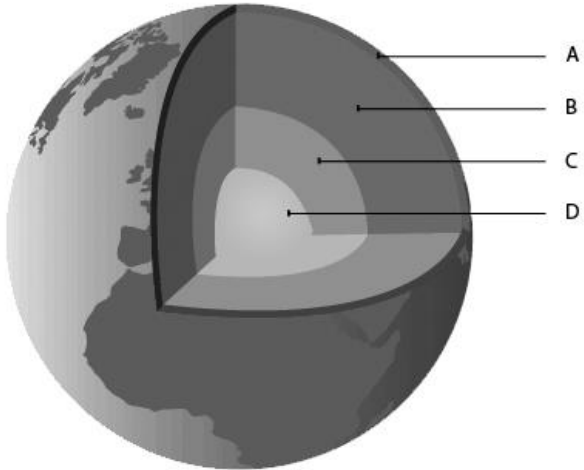
- 9) En la figura se muestra el proceso donde una placa oceánica se mete por debajo de una placa continental. Este proceso se conoce como:



- Densidad
 - Subducción
 - Volcanismo
 - Convección
- 10) Con relación al manto. ¿Qué alternativas es correcta?
- Es rígido.
 - Está en movimiento.
 - Tiene una temperatura cercana a los 9000°C
 - Se encuentra principalmente en los polos de la Tierra.

II. **Completación** (4 puntos)

Escribe en la línea punteada la letra que corresponda a cada una de las capas de la Tierra.



- Manto
- Núcleo interno
- Núcleo externo
- Corteza

III. **Desarrollo** (5 puntos)

¿Crees que la Tierra ha sufrido cambios en su superficie a lo largo del tiempo?
¿Por qué? Explica.

IV. **Observa, compara y responde** (6 puntos)

A continuación se muestran dos imágenes de volcanes en erupción, la primera del volcán **Kilahuea** y la segunda del volcán **Santa Helena**, ambos en Estados Unidos.



Volcán Kilahuea



Volcán Santa Helena

1) Nombra dos parecidos entre el Kilahuea y el Santa Helena.

2) Nombra dos diferencias entre el Kilahuea y el Santa Helena.

3) ¿Crees que todos los volcanes son iguales? ¿Sí o no? ¿Por qué?

ASIGNATURA	Ciencias Naturales	CURSO: 4to básico
EJE	Ciencias de la Tierra y el Universo	FECHA: 19 de Mayo, 2014
UNIDAD DIDÁCTICA	¿Cómo es el interior de la Tierra?	
ACTITUDES	Asumir responsabilidades e interactuar en forma colaborativa en los trabajos en equipo aportando y enriqueciendo el trabajo común	
HABILIDADES	Observar, Comparar y Comunicar.	
OBJETIVO APRENDIZAJE	OA 15: Describir por medio de modelos, que la Tierra tiene una estructura de capas (corteza, manto, núcleo) con características distintivas en cuanto a su composición, rigidez y temperatura.	

Objetivos de la clase	Contenidos	Actividades	Recursos	Evaluación	Reflexión
Reconocer que el interior de la Tierra se divide en tres capas principales: Corteza, manto y núcleo.	-Capas de la Tierra. - Reflexión sísmica.	<p>Inicio: (10')</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preparación mesas y sillas. - Saludo. - Recuerdo clase anterior. - Actividad descripción de una naranja. -Pregunta de focalización ¿cómo te imaginas el interior de la Tierra?. <p>Desarrollo: (60')</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dibuja el interior de la Tierra. - Desarrollo Actividad 1 y 2 'Guía de trabajo N°1' - Actividad 3 'Exposición profesor': ¿Cómo podemos estudiar el interior de la Tierra si no podemos verlo? <p>Cierre: (10')</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pregunta ¿Cómo se divide el centro de la Tierra? - Resumen - Actividad 4 - Tarea 	<p>Guía de trabajo N°1.</p> <p>Tarjetas de información: Corteza, manto y núcleo.</p> <p>Esfera que representa la Tierra (para explicar el corte transversal)</p>	<p>Evaluación 'Guía de trabajo N°1'</p> <p>Revisión Tarea.</p>	- A pesar de no poder ver el interior de la Tierra, lo podemos estudiar a través distintas técnicas.

ASIGNATURA	Ciencias Naturales	CURSO	4to básico
EJE	Ciencias de la Tierra y el Universo	FECHA	26 de Mayo, 2014
UNIDAD DIDÁCTICA	El movimiento al interior de la tierra		
ACTITUDES	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar curiosidad e interés por conocer seres vivos, objetos y/o eventos que conforman el entorno natural. • Manifestar un estilo de trabajo riguroso y perseverante para lograr los aprendizajes de la asignatura. 		
HABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Observar y preguntar • Analizar la evidencia y comunicar 		
OBJETIVO APRENDIZAJE	<ul style="list-style-type: none"> • OA 15: Describir por medio de modelos, que la Tierra tiene una estructura de capas (corteza, manto, núcleo) con características distintivas en cuanto a su composición, rigidez y temperatura. • OA 16: Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas). 		

Objetivos de la clase	Contenidos	Actividades	Recursos	Evaluación	Reflexión
Comprender que el interior de la Tierra está en movimiento y que controla las expresiones geológicas superficiales a través del tectonismo	Movimiento del manto. Placas tectónicas.	Inicio: (15') Saludos Motivación y recuerdo clase anterior: PPT TITANES Desarrollo: (60') Desarrollo guía de trabajo 'el movimiento al interior de la Tierra' Cierre: (15') Resumen Guía	PPT Titanes 1 PPT Titanes 2 PPT Huevo y Tierra Proyector Guía de trabajo 'el movimiento al interior de la Tierra'	Guía de trabajo	La alta temperatura al interior del planeta produce movimientos en su superficie a través de las placas tectónicas.

ASIGNATURA	Ciencias Naturales	CURSO	4to básico
EJE	Ciencias de la Tierra y el Universo	FECHA	2 de Junio, 2014
UNIDAD DIDÁCTICA	Volcanes		
ACTITUDES	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar curiosidad e interés por conocer seres vivos, objetos y/o eventos que conforman el entorno natural. 		
HABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Observar y preguntar • Analizar la evidencia y comunicar 		
OBJETIVO APRENDIZAJE	<ul style="list-style-type: none"> • OA 16: Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas). 		

Objetivos de la clase	Contenidos	Actividades	Recursos	Evaluación	Reflexión
- Analizar las evidencias externas y construir un modelo de la estructura interna de un volcán.	- Partes de un volcán - Temperatura interna de la Tierra	<p>Inicio: (12') Presentación PPT Motivación</p> <p>Desarrollo: (50') Anotar objetivo de la clase Desarrollo guía 'Volcanes' - Videos - Dibujo</p> <p>Cierre: (20') Resumen guía 'Volcanes' Video 'Volcán Santa Helena'</p>	<p>PPT 'Mitos y volcanes'.</p> <p>Guía 'Volcanes'.</p> <p>Videos erupciones.</p>	Guía de trabajo 'Volcanes'	. Los volcanes son una expresión concreta de que el interior de la Tierra está a altas temperaturas.

ASIGNATURA	Ciencias Naturales	CURSO	4to básico
EJE	Ciencias de la Tierra y el Universo	FECHA	29 de Mayo, 2014
UNIDAD DIDÁCTICA	Terremotos y tsunamis		
ACTITUDES	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar curiosidad e interés por conocer seres vivos, objetos y/o eventos que conforman el entorno natural. • Manifestar un estilo de trabajo riguroso y perseverante para lograr los aprendizajes de la asignatura. 		
HABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Observar y preguntar 		
OBJETIVO APRENDIZAJE	<ul style="list-style-type: none"> • OA 16: Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas). • OA 17: Proponer medidas de prevención y seguridad ante riesgos naturales en la escuela, la calle y el hogar, para desarrollar una cultura preventiva. 		

Objetivos de la clase	Contenidos	Actividades	Recursos	Evaluación	Reflexión
Comprender las causas y las consecuencias de tsunamis. Proponer medidas de prevención de riesgos frente a terremotos	Tsunamis Terremotos Prevención de accidentes	Inicio: (15') Resumen Volcanes + rocas Motivación "Ten Ten y Cai Cai" Desarrollo: (50') Desarrollo de Guía de trabajo "terremotos y tsunamis" Propuesta de medidas de prevención de riesgos asociados a terremotos. Cierre: (10') Resumen clase Google Earth	PPT Volcanes PPT Terremotos y tsunamis Videos Guía de trabajo "terremotos y volcanes"	Desarrollo guía de trabajo "terremotos y volcanes"	La prevención de riesgos asociados a terremotos es un tema importante y que debemos tomarlo con muchísima seriedad y estar alerta en todo momento. Si se está cerca del mar en caso de tsunami, lo mejor es irse a un lugar elevado.

ASIGNATURA	Ciencias Naturales	CURSO	4to básico
EJE	Ciencias de la Tierra y el Universo	FECHA	16 Junio 2014
UNIDAD DIDÁCTICA	Procesos terrestres a distintas escalas		
ACTITUDES	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar curiosidad e interés por conocer seres vivos, objetos y/o eventos que conforman el entorno natural. • Manifestar un estilo de trabajo riguroso y perseverante para lograr los aprendizajes de la asignatura. • Asumir responsabilidades e interactuar en forma colaborativa en los trabajos en equipo, aportando y enriqueciendo el trabajo común. 		
HABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Observar y preguntar • Planificar y conducir una investigación • Analizar la evidencia y comunicar 		
OBJETIVO APRENDIZAJE	<ul style="list-style-type: none"> • OA 16: Explicar los cambios de la superficie de la Tierra a partir de la interacción de sus capas y los movimientos de las placas tectónicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas). 		

Objetivos de la clase	Contenidos	Actividades	Recursos	Evaluación	Reflexión
Los estudiantes integran los tópicos vistos antes (estructura interna de la Tierra, volcanismo, sismicidad, tsunamis) en una escala global de los procesos terrestres	Subducción	<p>Inicio: (15') Resumen de los tópicos vistos antes. Analogía Ciencia-Fútbol</p> <p>Desarrollo: (50') Desarrollo guía de trabajo "Resumen Ciencias de la Tierra". Exposición y conversación de curso en torno a la integración de los procesos. "¿Cómo se relacionan todas estas cosas?" Video: "Plate Tectonics"</p> <p>Cierre: (30') Observación placas tectónicas Google Earth Preguntas-Respuestas Entregar fecha de evaluación</p>	<p>PPT: "Resumen"</p> <p>Guía de trabajo: "Resumen Ciencias de la Tierra"</p> <p>Google Earth</p> <p>Video: Plate Tectonics</p>	<p>Desarrollo guía de trabajo Ciencias de la Tierra</p>	<p>.Los procesos terrestres están relacionados unos con otros ya sea por causa o efecto.</p> <p>La estructura interna de la Tierra condiciona los procesos superficiales como volcanismo, sismicidad, tsunamis y otros.</p> <p>En Chile el proceso de las placas tectónicas se llama "subducción" y es la causa de "Chile país sísmico", volcanes y tsunamis.</p>